S. S. Gadjiev

Siguranța exploatării echipamentului electric din centrale, stații și posturi de transformare

colecția electricianului

editura tehnică

Ing. S. S. Gadjiev

Siguranța exploatării echipamentului electric din centrale, stații și posturi de transformare

Traducere din l. rusă

Editura tehnică
București — 1968

Traducere: ing. **Iulian Feldmann**
Controlul ştiinţific al traducerii: ing. **Constantin Bunescu**

În lucrare sînt prezentate regulile fundamentale de executare şi succesiunea manevrelor în instalaţiile de distribuţie cu tensiunea peste 1 000 V, în condiţii de funcţionare normale şi de avarie. Este analizat modul în care trebuie să acţioneze personalul de serviciu în cazul deranjamentelor ce intervin în funcţionarea echipamentului electric şi a diferitelor elemente ale liniilor conectate la instalaţiile de distribuţie. Sînt date exemple de lichidare a avariilor celor mai frecvente şi sînt indicate măsurile de tehnica securităţii în exploatarea echipamentului electric din centrale, staţii şi posturi de transformare

Cartea se adresează electricienilor de exploatare din centrale, staţii şi posturi de transformare, fiind utilă în diferite forme de pregătire a personalului; ea poate fi de asemenea folositoare elevilor din şcolile profesionale, tehnice şi de maiştri care se pregătesc în această specialitate.

С. С. ГАДЖИЕВ

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Издание третье, переработанное и дополненное

Энергия, Москва — 1967

Prefaţă

Dezvoltarea vertiginoasă şi neîntreruptă a sistemului energetic naţional a condus la creşterea apreciabilă a puterii instalaţiilor energetice de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice, ceea ce a avut ca rezultat construirea unui mare număr de centrale, staţii de transformare şi linii de înaltă tensiune. Corecta exploatare a acestor instalaţii impune o serie de manevre de conectare şi deconectare a acestor elemente, necesare pregătirii admiterii echipelor la lucru, acţiune care trebuie supravegheată cu deosebită atenţie şi răspundere.

Experienţa exploatării a dovedit că manevrarea corectă a echipamentului electric a constituit şi constituie una dintre problemele de cea mai mare importanţă în activitatea electricienilor din centrale şi staţii.

Cartea lui S. S. Gadjiev, tradusă din limba rusă, se adresează în special electricienilor din centralele şi staţiile electrice, tocmai pentru a-i ajuta la buna îndeplinire a acestor sarcini. În lucrare este descris, într-un limbaj accesibil, modul corect de efectuare a unor manevre uzuale simple, de trecere a unor agregate şi instalaţii electrice din stare de funcţionare în stare de rezervă sau în reparaţie şi invers. Autorul tratează o serie de manevre „clasice" care se efectuează în exploatare, analizînd fiecare punct din succesiunea de manevre descrise.

Tratarea problemelor are la bază cunoştinţele teoretice dobîndite de electricieni din centrale şi staţii în timpul şcolarizării acestora.

În cadrul traducerii a fost menţinut fidel modul de tratare a problemelor din lucrarea originală, făcîndu-se

numai mici adaptări în legătură cu modul de efectuare a manevrelor în sistemul nostru energetic.

Lucrarea reprezentînd un îndreptar pentru executarea manevrelor obișnuite, se adresează în special electricienilor din stații și centrale electrice, putînd fi folosită totodată și ca material bibliografic pentru diferitele cursuri de pregătire a personalului de exploatare.

EDITURA TEHNICĂ

1. Reguli de bază privind convorbirile operative și executarea manevrelor operative în instalațiile electrice

Comenzi operative. Activitatea personalului trebuie astfel organizată, încît fiecare lucrător să aibă o imagine clară și precisă a succesiunii efectuării manevrelor, reparațiilor, cum și a altor lucrări în instalațiile electrice.

Toate convorbirile operative trebuie să fie efectuate într-o formă clară, care să excludă absolut orice posibilitate de interpretare eronată a comenzii operative. Convorbirile trebuie să fie scurte, folosindu-se noțiuni bine determinate și definiții consacrate.

La formularea și la repetarea comenzilor operative trebuie indicate cu precizie următoarele: denumirea centralei sau a stațiilor de capăt unde se găsesc instalațiile cu care se execută manevrele, destinația echipamentului, numărul de ordine corespunzător al echipamentului, tensiunea, poziția aparatului în schema de comutație.

Persoanele care emit și primesc comenzile operative și comunicările privind executarea sînt obligate să-și indice funcția și numele. Cel ce primește dispoziția de efectuare a manevrei este obligat să repete cu voce tare conținutul dispoziției primite.

În cazul emiterii unei comenzi privitoare la modificări în protecție trebuie indicate: denumirea echipamentului sau a plecării pe care este instalată protecția, denumirea protecției și în ce constă modificarea.

Toți cei ce participă la convorbirile operative trebuie să cunoască precis numele persoanelor ce au dreptul de a emite și de a primi spre executare comenzile operative.

Persoana care execută direct operațiile poate primi doar o singură comandă, care trebuie să cuprindă ope-

rații ce urmăresc realizarea unui singur scop, de exemplu: conectarea sau deconectarea unei linii, trecerea liniei de pe un sistem de bare pe altul, deconectarea tuturor plecărilor de pe o secție sau de la un sistem de bare pentru degajarea acesteia în vederea reparației sau a trecerii în rezervă etc.

Este interzis ca o singură comandă să întrunească operații ce nu urmăresc un scop unic (de exemplu scoaterea liniei din reparație și conectarea transformatorului care era în rezervă rece etc).

Volumul comenzii operative este determinat de persoana care emite comanda, în funcție de condițiile locale, de calificarea personalului de serviciu și de amplasarea teritorială a echipamentului în schemă.

Echipamentele electrice ale centralelor și stațiilor electrice pot fi:

— în *funcțiune* (aparatele de comutație ale echipamentului sînt conectate și se găsesc în sarcină);

— în *rezervă caldă* (echipamentul este deconectat numai prin întreruptoare);

— în *rezervă rece* (echipamentul este deconectat prin întreruptoare și separatoare);

— în *reparație* (echipamentul este deconectat și legat la pămînt, sînt instalate îngrădiri și puse plăci avertizoare conform normelor de tehnica securității în instalațiile electrice);

— în stare *intermediară — sub tensiune* (echipamentul este conectat prin aparatele de comutație numai într-o parte, fără să fie în sarcină).

Comanda operativă poate fi *simplă* sau *complexă*, cuprinzînd cîteva operații.

Comutațiile tip, pentru realizarea cărora trebuie emise comenzi complexe, sînt următoarele:

— trecerea echipamentului într-una din cele patru stări operative (funcțiune, rezervă caldă, rezervă rece și reparație);

— trecerea plecărilor de pe un sistem de bare de lucru pe altul;

— trecerea unei plecări de la întreruptorul propriu la cel de transfer, în instalațiile de distribuție cu sistem de bare de transfer;

— punerea sub tensiune a sistemului de bare de rezervă, cu trecerea pe acest sistem a tuturor sau numai a unei părți dintre plecări;

— identificarea punerilor la pămînt simple (în rețelele cu neutrul izolat).

La operațiile de scoatere pentru reparații a liniilor cu alimentare de la ambele capete, succesiunea acțiunilor personalului de seviciu de la ambele capete este determinată de starea liniei în momentul emiterii comenzii.

Manevre operative. În instalațiile de distribuție ale centralelor și stațiilor manevrele se execută pe baza unei dispoziții primite de la personalul operativ superior, sau la nevoie, pentru lichidarea unei stări anormale, preveniri de accidente sau de deteriorări ale echipamentului etc.

În cazuri speciale (incendiu, accidentare de persoane, calamități naturale), cît și la lichidarea avariilor, executarea manevrelor se poate face fără încunoștiințarea personalului superior, dar cu informarea ulterioară a acestuia.

Persoana care emite comanda de efectuare a manevrelor este obligată ca în prealabil să verifice, pe schema operativă, succesiunea operațiilor propuse. Cel ce emite comanda o poate considera executată numai după ce executantul raportează direct sau prin telefon executarea comenzii.

La centralele și stațiile deservite de două sau mai multe persoane, toate manevrele complexe (adică manevrele ce se execută la mai multe plecări) cît și manevrele simple din instalațiile care nu au dispozitive de blocare a separatoarelor, sînt executate de către două persoane. O persoană execută direct manevrele, iar cea de a doua controlează corectitudinea și succesiunea operațiilor executate. Persoana care controlează executarea manevrelor este cea cu funcție și calificare superioară.

În instalațiile electrice conducătorul responsabil al lucrării trebuie să aibă o calificare de cel puțin grupa a

V-a, iar în instalațiile cu tensiunea pînă la 1 000 V de cel puțin grupa a IV-a.

Montarea și demontarea legăturilor la pămînt mobile trebuie efectuate de către două persoane, independent de succesiunea operațiilor de deservire operativă a instalațiilor electrice.

Declanșarea și anclanșarea întreruptoarelor, cum și deschiderea și închiderea separatoarelor de la pupitrul de comandă se pot executa în toate cazurile de către o singură persoană.

Manevrele menite să lichideze avariile se execută, de asemenea, fără dispoziție de lucru, cu înregistrarea ulterioară a operațiilor în registrul operativ. În cazul lichidării avariei, personalul trebuie să acționeze independent și să informeze ulterior personalul operativ superior. Succesiunea executării manevrelor în instalațiile de distribuție este stabilită după cum urmează: persoana care a primit comanda de executare a manevrelor, este obligată să o repete, să o scrie în registrul operativ (dacă nu există un magnetofon) și să o execute. Dispozițiile pentru executarea manevrelor nu se dau global, ci defalcat pe operații, raportîndu-se executarea după fiecare operație.

Dacă manevrele sînt executate de către două persoane, persoana care a primit comanda este obligată să explice celeilalte persoane care participă la manevre, modul și succesiunea de executare a operațiilor.

În cazul cînd apar dubii privitor la corectitudinea executării operației ce urmează, se opresc toate manevrele pînă la clarificare.

După cum se știe, urmările unei avarii care apare în perioada vîrfului de sarcină sînt mult mai grave decît în perioada golurilor de sarcină. Analiza avariilor care apar ca urmare a unor încălcări grave de către personal, a normelor de tehnica securității la instalațiile electrice de înaltă tensiune, arată că acestea se produc la majoritatea cazurilor la sfîrșitul schimbului.

Din această cauză în perioada vîrfului de sarcină și la sfîrșit de schimb în condiții normale de exploatare este interzisă executarea de manevre.

În cazurile punerilor la pămînt în circuitele de curent continuu, pînă la găsirea și lichidarea defectului se interzice executarea oricărei operații care nu este dictată de o situație de avarie.

Manevre cu separatoare. Închiderea separatoarelor cu dispozitive de acționare manuale, cît și cu tijă trebuie executată rapid și cu mișcări precise, dar fără șocuri la capătul cursei. Deschiderea cuțitelor separatorului cînd se apropie de contactul fix (la capătul cursei cuțitelor) este categoric interzisă, deoărece duce la avarie. În poziția închisă cuțitele separatorului trebuie să intre complet în contacte.

Deschiderea separatoarelor trebuie executată lent și cu atenție. În cazul apariției unui arc electric, în momentul depărtării cuțitelor de contactele fixe, separatorul trebuie închis repede la loc; operația trebuie întreruptă pînă la clarificarea cauzelor care au dus la apariția arcului.

În poziția deschisă cuțitele separatorului trebuie să fie complet separate de contacte.

Manevre cu întreruptoare. Anclanșarea întreruptorului prin acționare manuală trebuie efectuată rapid aducînd pîrghia sau maneta pînă la opritor, în acest caz trebuie să se aprindă lampa de semnalizare „închis".

În cazul acționării la distanță, în funcție de tipul contactorului, apăsarea pe butonul „anclanșare" sau rotirea cheii de comandă trebuie efectuată pînă în momentul aprinderii lămpii de semnalizare „ anclanșat".

Declanșarea manuală a întreruptorului trebuie efectuată prin rotirea ușoară a cheii de comandă pînă la refuz sau prin manevrarea pîrghiei de acționare, sau prin acționarea directă asupra opritorului dispozitivului de acționare, apăsînd pe un buton special sau pe miezul bobinei de declanșare. În acest caz trebuie să se aprindă lampa de semnalizare „declanșat".

În cazul declanșării la distanță acțiunile respective cu cheia de comandă sau cu butonul trebuie continuate pînă în momentul aprinderii lămpii de semnalizare „declanșat".

Verificarea poziției întreruptorului după declanșare este obligatorie în toate cazurile, dacă după aceasta urmează manevre cu separatoarele, cu excepția cazurilor cînd separatoarele sînt comandate la distanță.

Manevrele cu separatoarele trebuie precedate de întreruperea curentului operativ de la întreruptor, cu excepția cazurilor transferării de pe un sistem de bare pe altul, întreruptorul plecării date fiind anclanșat. În aceste condiții, întreruptorul cuplei transversale este închis, protecția cuplei anulată și curentul operativ scos la celula cuplei. Curentul operativ se întrerupe cu ajutorul siguranței din circuitul bobinei de anclanșare pînă la verificarea poziției întreruptorului.

La executarea acestor manevre respectarea acestei succesiuni de operații asigură complet securitatea, deoarece nu în toate instalațiile de distribuție (ID) siguranțele circuitelor curentului operativ sînt amplasate în apropierea întreruptoarelor.

În cazul efectuării manevrelor în ID unde siguranțele circuitelor curentului operativ sînt amplasate departe de întreruptor, în intervalul de timp de la verificarea poziției întreruptorului pînă la întreruperea curentului pozitiv operativ de la dispozitivul de acționare, se poate produce schimbarea poziției întreruptorului (anclanșarea greșită a întreruptorului, anclanșarea întreruptorului datorită unei duble puneri la pămînt în circuitul curentului operativ etc.).

Efectuarea în acest caz a manevrei următoare cu separatoarele, întreruptorul fiind anclanșat, poate determina avarierea echipamentului, cît și accidentarea personalului.

Verificarea poziției după anclanșare este obligatorie la întreruptorul cuplei (ICT) înaintea transferării plecării de pe un sistem de bare pe altul.

Poziția reală a întreruptorului trebuie verificată în special după indicatorul mecanic. Drept mijloace auxiliare pot servi lămpile de semnalizare și aparatele de măsurat ale liniei respective. La întreruptoarele cu aer comprimat cu separatoare și la întreruptoarele de tipul

VMG și MGG verificarea poziției întreruptorului se face prin examinarea vizuală a contactelor de lucru.

Operații cu dispozitive de protecție prin relee și automatizare. Toate operațiile cu dispozitivele de protecție prin relee și de automatizare se execută numai cu aprobarea personalului operativ superior.

Este interzis a se lăsa fără protecție echipamentul, barele și liniile care se află sub sarcină sau sub tensiune; de asemenea, nu trebuie lăsate fără protecție contra avariilor interne generatoarele, compensatoarele sincrone și transformatoarele.

Înaintea deconectării protecției prin relee la cerere, personalul operativ trebuie să se convingă de faptul că se află în funcție o altă protecție care poate asigura o protejare sigură a echipamentului, sau trebuie să ia măsuri de înlocuire a protecției deconectate cu o protecție de rezervă; în caz contrar echipamentul se conectează la sistemul barelor de rezervă prin întreruptorul cuplei transversale ICT sau prin întreruptorul cuplei transversale cu protecție corespunzătoare.

În cazul unor schimbări în circuitul principal (primar) este necesar să se execute din timp conectarea sau deconectarea dispozitivelor de protecție, sau schimbarea reglajelor dispozitivelor de protecție prin relee și automatizare conform instrucțiunilor locale.

Dacă curentul de sarcină al plecării respective depășește o anumită valoare (valoarea maximă admisă din condițiile de reglare a protecției prin relee) trebuie luate măsuri de descărcarea sarcinii.

În cazul punerii sub tensiune a unui echipament înaintea anclanșării întreruptorului, personalul trebuie să se convingă de starea perfectă de funcționare a întreruptorului, de prezența curentului operativ în circuitele de protecție și de comandă ale întreruptorului, cum și de faptul că pe linia încercată toate protecțiile sînt în funcțiune (inclusiv protecția instantanee) și se află în poziția corespunzătoare încercării (dacă acest lucru este necesar).

Dispozitivele de RAR și AAR la întreruptoarele cu care se efectuează încercarea, trebuie deconectate.

În cazul încercării ICT sau a întreruptorului cuplei de transfer trebuie conectate protecțiile ICT sau ale întreruptorului cuplei de transfer care prevăn toate tipurile de scurtcircuite, avînd reglajele conform indicațiilor din instrucțiunile locale.

În cazul declanșării sau anclanșării automate a întreruptoarelor personalul operativ este obligat ca:

— după semnalizări să stabilească și să înregistreze care întreruptoare au declanșat și să aducă în poziția normală cheia lor de comandă; în acest caz la întreruptoarele cu RAR în funcțiune anularea cheilor este admisă numai după ce personalul s-a convins de faptul că dispozitivul RAR a revenit în poziția inițială;

— să examineze și să înregistreze cu atenție care relee de semnalizare au clapeta căzută și ce timp a fost fixat de către indicatoarele releelor de timp, apoi să readucă clapetele și indicatoarele în poziția necesară și să comunice personalului operativ superior (în cazul prezenței la pupitrul de comandă a unei a doua persoane examinarea releelor de semnalizare se efectuează împreună, adică cu o persoană de control);

— să deblocheze releele cu automenținere (de exemplu la protecțiile de gaze ale transformatoarelor) și să ridice greutățile la întreruptoarele cu dispozitive de acționare cu greutate, care se închid prin RAR sau AAR;

— să aducă în corespondență cu circuitul primar dispozitive de automatizare și de protecție prin relee care au chei, dispozitivele de declanșare, comutatoare și întreruptoare cu pîrghii, a căror poziție depinde de configurația circuitului primar;

— după declanșarea automată, să comunice serviciului local de protecție prin relee și automatizare situația privitoare la căderea clapelor de semnalizare și la indicațiile altor relee, cum și situația indicatoarelor de timp și demararea oscilo-perturbografelor etc. Dacă echipamentul respectiv se află în comanda dispecerului sistemului va comunica și acestuia aceiași situație.

În cazul unor variații brusce ale tensiunilor și curenților din rețea, care nu sînt însoțite de declanșări sau anclanșări ale întreruptoarelor, personalul este obligat

să examineze panourile protecției prin relee și automatizări și să noteze toate acționările releelor de semnalizare și să readucă clapetele în stare normală.

În cazul apariției unui semnal de punere la pămînt în circuitul de curent operativ continuu, personalul trebuie să ia măsuri imediate pentru detectarea locului de defect a izolației și de înlăturare a punerii la pămînt, conform instrucțiunilor locale.

Succesiunea executării operațiilor. Executarea operațiilor principale cu întreruptoare și separatoare trebuie să urmeze în următoarea succesiune:

Conectarea liniei:

— se închide separatorul de bare;
— se închide separatorul de linie;
— se anclanșează întrerupătorul.

Deconectarea liniei:

— se declanșează întreruptorul;
— se deschide separatorul de linie;
— se deschide separatorul de bare.

Conectarea generatorului:

— se închide separatorul de bare;
— se închide separatorul generatorului (separatoarele instalate în unele cazuri între bornele generatorului și întreruptor);
— se pregătesc condițiile de sincronizare;
— se sincronizează generatorul și se anclanșează întreruptorul generatorului.

Deconectarea generatorului:

— se declanșează întreruptorul generatorului;
— se deschide separatorul generatorului;
— se deschide separatorul de bare.

Conectarea transformatorului cu trei înfășurări:

— se închid separatoarele de bare pe partea de înaltă, de medie și de joasă tensiune;
— se închid separatoarele de borne pe partea transformatorului la înfășurările de înaltă, de medie și de joasă tensiune (dacă acestea există);
— se anclanșează întreruptoarele la înfășurarea de înaltă, de medie și de joasă tensiune.

Deconectarea transformatorului cu trei înfăşurări:

— se declanşează întreruptorul pe partea de joasă, de medie şi de înaltă tensiune;

— se deschid separatoarele de borne pe partea transformatorului la înfăşurările de joasă, de medie şi de înaltă tensiune;

— se deschid separatoarele de bare de joasă, de medie şi de înaltă tensiune.

Acţionarea greşită din partea personalului la executarea manevrelor operative determină accidentarea oamenilor, deteriorarea echipamentului şi întreruperea alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

Urmările datorită închiderilor şi deschiderilor greşite, în sarcină a separatoarelor depinde de care dintre separatoare — de bare sau de linie — participă la manevre. De aceea primele trebuie închise, iar cele din urmă trebuie deschise separatoarele a căror acţionare greşită poate duce la urmări mai grave. De exemplu, în cazul deschiderii greşite a separatorului *1* de linie (sub sarcină) al liniei L_4 (în locul separatorului de linie al liniei L_2, care trebuie deschis, la care întreruptorul este declanşat) arcul se va întrerupe prin declanşarea întreruptorului liniei L_4 (fig. 1). Deoarece arcul în acest caz apare după reactorul liniei L_4, proporţia acestui arc va fi mult mai redusă.

În cazul deschiderii greşite (sub sarcină) a separatorului de bare *2* al liniei L_4 de pe cel de al doilea sistem de bare (în locul separatorului de bare al liniei L_2 care trebuie deschis de pe cel de al doilea sistem de bare, care are întreruptorul declanşat) arcul va continua să ardă pînă cînd vor fi deconectate toate sursele de alimentare ce funcţionează pe cel de al doilea sistem de bare (transformatorul T_2, generatorul G_2 şi motorul sincron *M*), iar proporţia avariei va fi în acest caz mult mai mare.

O astfel de manevră greşită va avea ca urmare în mod obligatoriu avarierea barelor colectoare, întreruperea liniilor L_2, L_4 şi deconectarea motorului sincron *M* pentru o perioadă mai îndelungată, adică pe perioada

necesară pentru refacerea completă a barelor colectoare avariate. Trebuie menţionat faptul că reglajele de timp ale protecţiei prin relee de pe linia L_4 sînt cu mult mai coborîte decît transformatorul T_2, generatorul G_2 şi motorul *M*. De aceea, în cazul deschiderii greşite a separatorului de linie *1* al liniei L_4, durata de ardere a arcului va fi de 3—4 ori mai mică decît în cazul deschiderii separatorului de bare *2*.

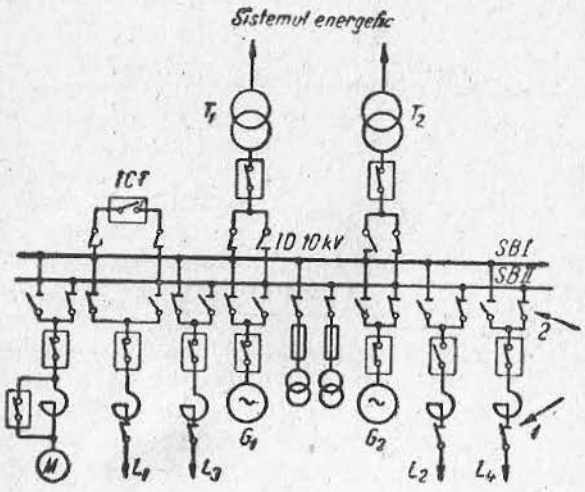


Fig. 1.

Plecînd de la acest fapt reiese clar că totdeauna mai întîi trebuie închise separatoarele de bare, apoi separatoarele de linie şi numai după aceea se anclanşează întreruptorul. La întrerupere trebuie declanşat întreruptorul, apoi separatoarele de linie şi ulterior cele de bare.

Succesiunea anclanşării şi declanşării întreruptoarelor transformatoarelor de putere se realizează plecînd de la următoarele consideraţii.

Transformatorul T_1 care a suferit reparaţii, trebuie conectat pentru funcţionare în paralel cu transformatorul în funcţiune T_2 (fig. 2).

Transformatorul care a trecut prin procesul de reparație se pune direct sub tensiune la valoarea nominală a tensiunii unei înfășurări, de regulă a înfășurării de unde se face alimentarea transformatorului. La deconec-

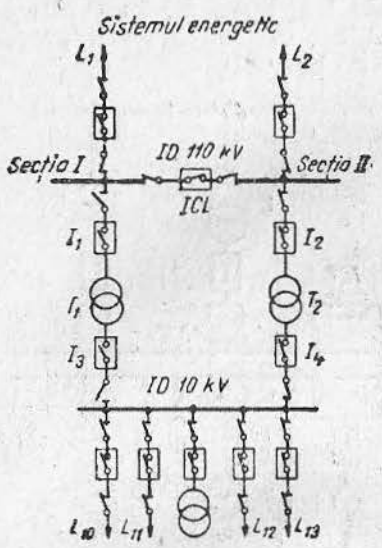


Fig. 2.

tarea transformatorului T_1 cu întreruptorul I_1 în cazul unui defect în transformator, întreruptorul I_1 declanșează automat prin acțiunea protecției. Conectarea și deconectarea transformatorului nu influențează în acest caz funcționarea consumatorilor de energie electrică care se alimentează de la *ID* de 10 kV prin transformatorul T_2. Dacă transformatorul defect T_1 se conectează mai întîi prin întreruptorul I_3, la curentul de sarcină al transformatorului în funcțiune T_2 se suprapune curentul de scurtcircuit al transformatorului defect T_1, ceea ce ar avea drept rezultat deconectarea prin protecția prin relee a transformatorului în funcțiune T_2 căderea totală a sarcinei la *ID* de 10 kV.

În exploatare sînt cazuri de deconectare a transformatorului în funcțiune datorită acțiunii protecției prin relee, cînd la curentul nominal al transformatorului în funcțiune s-a suprapus curentul de magnetizare al transformatorului ce se conectează. De aceea, conectarea transformatoarelor trebuie efectuată în mod normal dinspre partea tensiunii mai mari.

Succesiunea transferării plecărilor de pe un sistem de bare pe altul:

— se verifică ca protecția *ICT* să fie în funcțiune, avînd reglajele stabilite conform instrucțiunilor locale privind protecția (dacă întreruptorul este prevăzut cu dispozitive automate speciale, acestea se deconectează);

— se verifică ca tensiunile ambelor sisteme de bare să fie sincrone și egale ca valoare;

— se anclanșează *ICT*;

— se deconectează protecția și curentul operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se verifică după indicatorul de poziție (sau după starea contactelor de lucru al întreruptorului) starea de anclanșare a întreruptorului.

— se închid separatoarele de bare ale tuturor plecărilor prevăzute pentru transferare pe acel sistem de bare, de pe care se vor alimenta; apoi, dacă este necesar, se trece alimentarea aparatelor de măsurat, a aparatelor de evidență, a protecției și semnalizării plecărilor transferate, la circuitele corespunzătoare ale transformatoarelor de tensiune;

— se deschid separatoarele de bare de la plecările ce se transferă de la sistemul de bare, la care au fost conectate anterior;

— se conectează curentul operativ la dispozitivul de acționare, după care se declanșează *ICT*;

— se verifică starea de declanșare a întreruptorului *ICT*;

— se conectează protecția la *ICT* și dispozitivele de automatizare.

Succesiunea de executare a operațiilor la transferarea tuturor plecărilor de pe sistemul de bare de lucru

pe sistemul barelor de rezervă, în cazul cînd există cuplă transversală, este următoarea:

— se stabileşte din schema operativă dacă sistemul de bare de rezervă se află în stare de rzervă şi se procedează la examinarea exterioară a sistemului de bare de rezervă;

— se anclanşează *ICT* la care este conectată protecţia contra scurtcircuitelor (cu acţiune instantanee);

— se verifică prezenţa tensiunii pe sistemul barelor de rezervă cu ajutorul voltmetrului racordat la celula de măsură a sistemului de bare respectiv;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acţionare şi de la protecţia *ICT* (printr-un întreruptor cu pîrghie, dispozitiv de deconectare etc);

— se transferă alimentarea circuitelor de tensiune ale protecţiei plecărilor de la transformatoarele de tensiune ale sistemului de bare de lucru la transformatoarele de tensiune ale sistemului de rezervă (conform instrucţiunilor locale);

— se transferă separatoarele plecărilor de pe un sistem de bare pe altul (în conformitate cu instrucţiunile locale, luînd în consideraţie particularităţile constructive ale *ID* şi sistemul de comandă al separatoarelor);

— se verifică calitatea închiderii separatoarelor pe sistemul barelor de rezervă;

— se verifică lipsa sarcinii la *ICT* cu ajutorul ampermetrelor conectate la transformatoarele de curent ale cuplei;

— se conectează curentul operativ la dispozitivul de acţionare şi se declanşează *ICT*.

În cazul cînd nu există *ICT*, transferarea parţială a plecărilor de pe un sistem de bare pe celălalt este interzisă.

În cazul transferării totale a plecărilor, în absenţa ICT, se închid separatoarele de bare ale uneia dintre sursele de mare putere pe sistemul de bare de rezervă, şi se menţin astfel pînă la sfîrşitul transferării. Această plecare se transferă ultima, după verificarea minuţioasă a transferării tuturor celorlalte plecări. La transferarea

plecărilor trebuie urmărit cu deosebită atenţie de a nu închide separatoarele plecărilor care nu sînt în stare de funcţionare. În cazul transferării plecărilor se prevede păstrarea alimentării corecte a circuitelor de tensiune ale aparatelor de măsurat, ale protecţiei prin relee şi automatizării.

Cînd *ICT* se află în rezervă, separatoarele sale, de regulă trebuie să fie închise la ambele sisteme de bare. Transformatorul de tensiune al sistemului de bare de rezervă trebuie să fie, de asemenea, conectat.

Foaia de manevră. Foaia de manevră alcătuită pentru a preveni operaţiile greşite posibile, reprezintă documentul operativ principal care stabileşte conţinutul manevrei şi succesiunea de executare a comutărilor deosebit de periculoase şi complexe. După foile de manevră se execută operaţiile în circuitele instalaţiilor electrice cu tensiunea mai mare de 1 000 V. În foaia de manevră se introduc nu numai operaţiile ce se execută cu aparatele de comutaţie, ci şi celelalte operaţii cum sînt:

— conectarea şi deconectarea curentului operativ;

— verificarea absenţei tensiunii;

— operaţii cu protecţia sau cu automatizarea;

— deconectarea şi conectarea circuitelor de alimentare ale protecţiei, aparatelor de măsurat şi ale automatizării;

— introducerea şi conectarea RAR, AAR, DAS;

— montarea şi scoaterea legăturilor la pămînt mobile de protecţie.

Mai jos este prezentată drept exemplu o foaie de manevră completată.

MEE **Se completează cu cerneală**
IRE (sau ICT)

Foaie de manevră Nr. 152

Centrala electrică Data Inceput ora.....
Staţia Nr. 8 Terminat .... h .... min

Tema: se deconectează şi se dă în reparaţie transformatorul 2 de putere de 20 MVA, 110/10 kV. Succesiunea de executare a operaţiilor la manevre:

1. Se declanşează întreruptorul de 10 kV al transformatorului 2

2. Se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului cu ulei de 10 kV al transformatorului 2

3. Se declanșează întreruptorul de 110 kV, tip IUP-110, al transformatorului 2

4. Se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului cu aer comprimat de 110 kV al transformatorului 2

5. Se deschide separatorul de bare de 10 kV al transformatorului 2.

6. Se deschide separatorul de bare de 110 kV al transformatorului 2.

7. Se verifică absența tensiunii la bornele întreruptorului de înaltă tensiune de 110 kV al transformatorului 2.

8. Se verifică lipsa tensiunii la toate bornele întreruptorului cu ulei de 10 kV al transformatorului 2.

9. Se leagă la pămînt întreruptorul de 110 kV, tip IUP, al transformatorului 2 prin montarea scurtcircuitoarelor mobile.

10. Se leagă la pămînt bornele întreruptorului de 10 kV, tip IUP-10 al transformatorului 2 dinspre barele de 10 kV prin închiderea cuțitelor de legare la pămînt.

A executat manevra **Foaia a fost verificată**

semnătura *semnătura*

Foaia de manevră se completează cu puțin timp înaintea începerii manevrei, după primirea dispoziției de către persoana care a primit dispoziția.

Fiecare operație sau acțiune, introdusă în foaie, trebuie să aibe un număr de ordine, iar fiecare foaie de manevră se verifică și se semnează.

Ordinea de executare a operațiilor conform foii de manevră este următoarea:

— persoana care a primit sarcina de a executa manevrele repetă sarcina primită, o scrie în jurnalul operativ și întocmește foaia de manevre; foaia este semnată atît de persoana executantă, cît și de persoana care controlează; apoi persoana executantă, însoțită de persoana care controlează, avînd în mînă foaia de manevră, se îndreaptă spre locul corespunzător al *ID* unde trebuie executate manevrele;

— persoana care controlează verifică personal ca și executantul manevrelor să se afle în locul stabilit al *ID* la plecarea unde trebuie executată prima operație și se așază în spatele executantului operațiilor;

— persoana care controlează citește clar și cu voce tare conținutul primei operații;

— persoana care execută manevra după ce a verificat din cele scrise, că se află exact la plecarea stabilită unde trebuie să execute operația, repetă conținutul operației;

— persoana care controlează, după ce a verificat după foaie că subalternul (care execută manevra) a repetat corect conținutul operației citite și a ales corect plecarea pentru manevră, repetă cu cuvintele: „corect, executați!";

— persoana care execută manevra efectuează operația stabilită;

— persoana care controlează, notează pe foaia de manevră executarea operației și citește conținutul următoarei operații.

Persoana care execută manevra se îndreaptă spre locul operației următoare, cel care controlează îl urmează și verifică dacă primul s-a îndreptat spre obiectul la care trebuie executată operația următoare.

2. Executarea manevrelor în instalațiile cu tensiunea mai mare de 1 000 V în condiții normale de exploatare

Scoaterea în reparații a întreruptorului unui cablu de 6 kV. La comunicarea consumatorului, cablul 57 a fost declanșat[1]) prin întreruptor și separatoarele de linie (fig. 3) (cablul a rămas în gol).

Operațiile executate de personal sînt:

— se verifică cu ampermetru lipsa sarcinii;

— se declanșează întreruptorul;

— pe cheia de comandă a întreruptorului se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

1) Pe toate schemele poziția aparatelor, reprezentarea mașinilor și celelalte notații sînt astfel, cum au fost adoptate la introducerea schemelor operative.

— după indicatorul mecanic al poziției, sau după poziția contactelor se verifică starea întreruptorului și se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al acestuia;

— se verifică absența tensiunii la separatorul de linie (verificare suplimentară) și se deschid acestea;

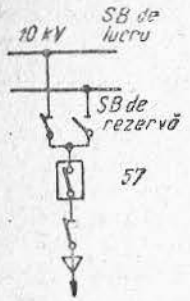


Fig. 3.

— se deschide separatorul de bare de la sistemul barelor de lucru și se verifică starea lor și starea de deschidere a separatoarelor de bare de la sistemul barelor de rezervă;

— se blochează cu lacăt dispozitivele de acționare ale separatoarelor deschise[1]);

— se instalează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare;

— se verifică lipsa tensiunii la bornele întreruptorului și se montează două seturi de scurtcircuitoare pentru lagăre la pămînt — unul la bornele întreruptorului dinspre bare, celălalt dinspre linii;

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aci";

— se admite la lucru echipa de reparație la întreruptor.

Scoaterea pentru reparație a unui cablu din perechea de cabluri alimentate de la un singur întreruptor (în prezența îngrădirilor rezistente la foc în celulă, între separatoarele de linie). Pentru deconectarea în vederea reparării unui cablu dintr-o pereche de cabluri alimentate de la un singur întreruptor este necesar:

— să se deconecteze pentru executarea lucrărilor de reparații la abonat, cablul de 6 kV 76 al liniei 53—76 (fig. 4); în stație cablul nu are ampermetru separat; la comunicarea abonatului, linia 76 din oraș a fost deconectată prin declanșarea întreruptorului și deschiderea separatoarelor;

[1]) Această condiție indicată în toate exemplele următoare, are în vedere blocările mecanice (cu lacăt, șurub, știft, cu lacăt de blocare etc.) pentru prevenirea închiderii de la sine sau din greșeală a separatoarelor.

— să se precizeze lungimea cablului 76; dacă curentul capacitiv al cablului depășește 1,5 A este interzisă întreruperea prin deschiderea separatoarelor.

Operațiile executate de personal la linia în cablu 76 sînt:

— se verifică absența sarcinii cu clește Dietz;

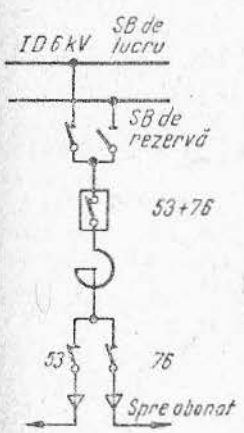


Fig. 4.

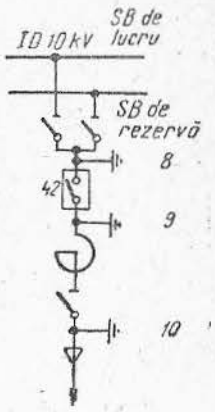


Fig. 5.

— se deschide separatorul de linie;

— se blochează dispozitivul de acționare al separatorului deschis cu lacăt;

— se verifică absența tensiunii;

— se montează scurtcircuitoarele de lagăre la pămînt;

— la dispozitivele de acționare ale separatoarelor de linie se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se comunică abonatului deconectarea cablului pentru reparații.

Punerea în funcțiune a unei linii de 10 kV după reparație. Punerea în funcțiune, după reparație, a liniei 42 (fig. 5) se începe prin controlul vizual exterior al

plecării liniei 42. Operațiile pe care le execută personalul sînt:

— se scot scurtcircuitoarele de legare la pămînt 8 și 9 de la întreruptor și scurtcircuitorul 10 de la separatorul de linie;

— după indicatorul mecanic de poziție se verifică starea declanșată a întreruptorului;

— se scot lacătele de blocare de la dispozitivele de acționare ale separatoarelor;

— se închide separatorul de bare la sistemul barelor de lucru;

— se închide separatorul de linie;

— se conectează curentul operativ la dispozitivul de acționare al întreruptorului;

— se anclanșează întreruptorul;

— se comunică abonatului că s-a dat tensiune pe linia 42.

Scoaterea pentru reparație a întreruptorului cuplei transversale. Operațiile pe care le execută personalul la scoaterea pentru reparații a ICT din instalația de distribuție de 35 kV, (fig. 6), sînt

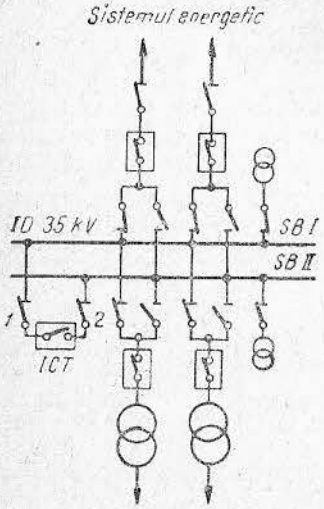


Fig. 6.

— se verifică după indicatorul mecanic starea de declanșare a întreruptorului;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare;

— se deschide separatorul de bare 1 de pe sistemul de bare I și se verifică deschiderea;

— se deschide separatorul de bare 2 de pe sistemul de bare II și se verifică deschiderea;

— se blochează cu lacăt dispozitivele de acționare ale separatoarelor deschise;

— se atîrnă, în conformitate cu normele de securitate plăcile avertizoare și se instalează îngrădiri;

— se verifică lipsa tensiunii la toate cele șase borne;

— se montează două seturi de scurtcircuitoare de legare la pămînt: un set pe bornele dinspre sistemul de bare I, iar cel de al doilea set pe bornele dinspre sistemul de bare II;

— se atîrnă plăcile avertizoare „Lucrați aici";

— se admite echipa la locul de muncă.

Trecerea plecărilor de pe un sistem de bare pe altul fără întreruptorul cuplei transversale. Operațiile pe care le execută personalul în cazul trecerii plecărilor de pe sistemul de bare I pe sistemul de bare II care se află în rezervă (fig. 7);

— se verifică cu atenție vizual sistemul de bare II;

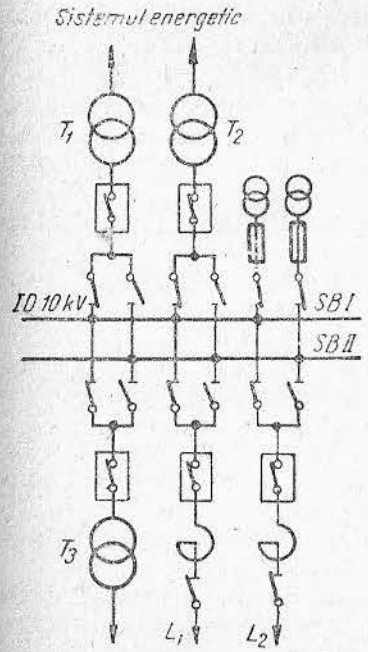


Fig. 7.

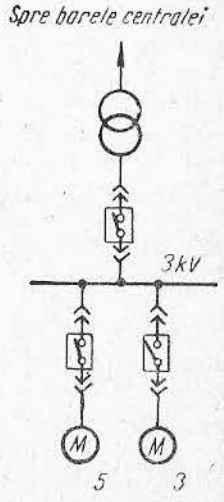


Fig. 8.

— se verifică izolația sistemului de bare *II* cu un megohmmetru;

— se închid separatoarele de bare ale transformatoarelor T_2, T_1, T_3 ale liniilor L_1 și L_2 pe sistemul de bare *II* și se verifică închiderea;

— se transferă alimentarea circuitelor de tensiune ale aparatelor de măsurat, ale protecției și automatizării de la transformatorul de tensiune al sistemului de bare *I* la transformatorul de tensiune al sistemului de bare *II*;

— se deschid separatoarele de bare ale transformatoarelor T_1, T_2, ale liniilor L_1, L_2 și ale transformatorului T_3 de pe sistemul de bare *I* și se verifică deschiderea.

Scoaterea în reparație a unui motor din serviciile interne ale centralei. Operațiile pe care le execută personalul la deconectarea pentru reparații a unui motor al pompei de circulație 5 care se află în funcțiune; motorul se alimentează de la instalația de distribuție de 3 kV (fig. 8);

— se dă dispoziție personalului secției de turbine să pună în funcțiune pompa de circulație *3*, care se află în rezervă și să transfere sarcina pompei de circulație 5 la această pompă;

— se verifică starea perfectă de funcționare a motorului și a pompei *3*;

— se deconectează motorul pompei de circulație 5 și pe maneta cheii de comandă se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează"!;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului motorului pompei de circulație 5;

— se extrage (se pune în poziție de încercare sau de reparație) din celula *ID* întreruptorul motorului pompei de circulație 5;

— se instalează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se verifică lipsa tensiunii, se deconectează de la bornele motorului cablul de alimentare care se scurtcircuitează și se leagă la pământ;

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici";

— se iau măsuri pentru împiedicarea rotirii motorului datorită pompei.

Punerea în funcțiune după reparații a barelor colectoare ale secției serviciilor interne ale centralei. Operațiile pe care trebuie să le execute personalul la punerea

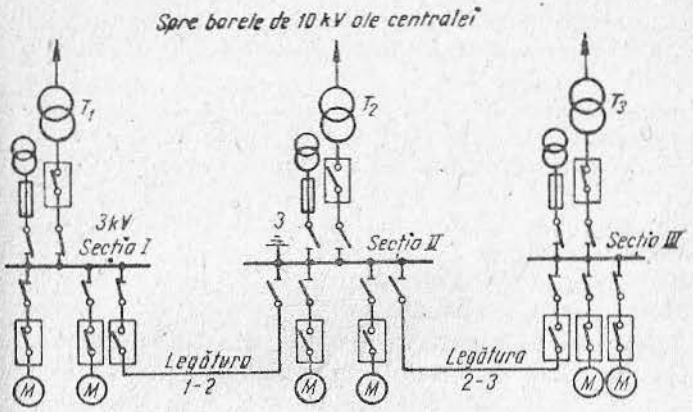


Fig. 9.

în funcțiune a secției *II* din *ID* de 3 kV pentru serviciile interne ale centralei (fig. 9):

— se efectuează examinarea vizuală exterioară a barelor colectoare, se scot scurtcircuitoarele de legare la pămînt *3* de la barele secției *II*;

— se verifică cu megohmmetrul starea izolației barelor secției *II*;

— se scot blocările de la dispozitivele de acționare ale separatoarelor plecărilor de la secția *II*;

— se închide separatorul de bare la 3 kV ale transformatorului T_2 pe secția *II* și se verifică închiderea;

— se închid separatoarele legăturii *1*—*2* pe secția de bare *II* și se verifică închiderea;

— se închid separatoarele legăturii *2*—*3* pe secția de bare *II* și se verifică închiderea;

— se montează siguranțele pe partea de înaltă tensiune a transformatorului de tensiune și se închid separatoarele acestuia la sistemul de bare *II*;

— se conectează curentul operativ la dispozitivul de acționare al întreruptorului de 3 kV al transformatorului T_2;

— se anclanșează întreruptorul de 3 kV al transformatorului T_2, se verifică prezența tensiunii la secția de bare *II*;

— se conectează dispozitivele de protecție ale anclanșării de rezervă la întreruptoarele legăturilor *1*—*2* și *2*—*3*;

— se conectează curentul operativ la dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor cuplelor *1*—*2* și *2*—*3*;

— se închide separatorul de bare ale motoarelor secției *II*;

— după necesitate se pun în funcțiune motoarele conectate la secția *II* de 3 kV.

Se scot plăcile avertizoare și îngrădirile în conformitate cu normele pentru tehnica securității muncii.

Scoaterea în reparație a unuia din transformatoarele ce funcționează în paralel. Operațiile pe care le execută personalul la scoaterea în reparație a transformatorului T_1 (de pe partea de 6 și 36 kV) (fig. 10) sînt următoarele:

— se precizează valoarea sarcinii transformatorului T_2 după deconectarea transformatorului T_1; cînd este necesar se vor lua măsuri de forțare a răcirii transformatorului T_2;

— se declanșează întreruptorul transformatorului T_1 de la partea de 6 kV, se verifică dacă sarcina a fost preluată de către transformatorul T_2 și pe maneta cheii de comandă a întreruptorului se atîrnă plăcuța avertizoare „Nu închideți — se lucrează"!;

— se declanșează întreruptorul transformatorului T_1 de pe partea de 35 kV și pe maneta cheii de comandă se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează"!;

— după indicatorul mecanic al poziției întreruptorului se verifică poziția deschisă a întreruptorului transformatorului T_1 pe partea de 6 kV și se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului;

— după indicatorul mecanic al poziției întreruptorului se verifică poziția deschisă a întreruptorului transformatorului T_1 pe partea de 35 kV și se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului;

— se deschide separatorul de bare al transformatorului T_1 de la sistemul barelor de lucru din *ID* de 6 kV și se verifică poziția lor, se verifică poziția deschisă a separatorului sistemului de bare de rezervă și se blochează dispozitivele de acționare ale acestora;

— se deschide separatorul de bare ale transformatorului T_1 de la sistemul barelor de lucru din *ID* de 35 kV și se verifică poziția acestora; se verifică poziția deschisă a separatorului sistemului barei de rezervă și se blochează dispozitivele de acționare;

— se instalează îngrădirile și se atîrnă plăcile avertizoare;

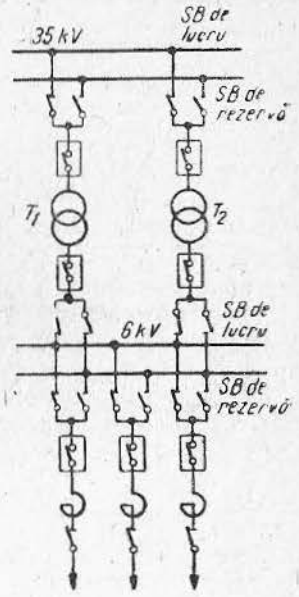


Fig. 10.

— se verifică absența tensiunii la cele șase borne ale întreruptorului transformatorului T_1 din *ID* de 6 kV și se montează scurtcircuitoarele de legare la pămînt la bornele întreruptorului spre transformator;

— se verifică absența tensiunii la cele șase borne ale întreruptorului transformatorului T_1 din *ID* de 35 kV și se montează scurtcircuitoarele de legare la pămînt la bornele întreruptorului spre transformator:

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici" la transformator;

— se admite la lucru echipa pentru executarea reparației.

Trecerea unui generator de pe un sistem de bare pe altul. Pentru a descărca sarcina de pe transformatorul T_1 trebuie ca generatorul G_2 să fie transferat pe sistemul de bare *I* (generatorul G_1 se află în rezervă) (fig. 11). Operațiile pe care le execută personalul sînt:

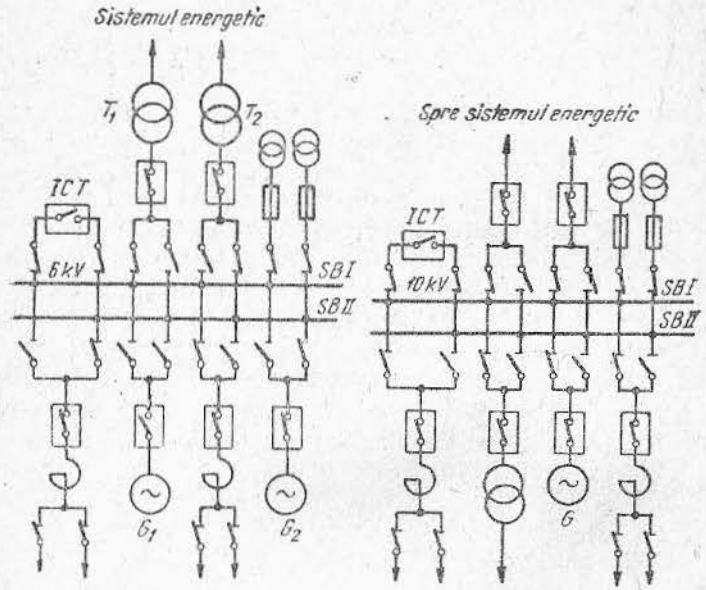


Fig. 11.

Fig. 12.

— se precizează valoarea estimată a tensiunii la sistemul de bare *II* și valoarea sarcinii transformatorului T_2 după trecerea generatorului G_2 de pe sistemul de bare *I* și în cazul cînd aceste valori sînt inadmisibile, trecerea se realizează numai după luarea măsurilor corespunzătoare;

— se convinge de faptul că tensiunile la ambele sisteme de bare sînt sincrone și egale ca valoare, se anclanșează *ICT* și se verifică dacă există circulație de putere;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare *ICT*;

— se verifică poziția închisă a *ICT* după indicatorul mecanic;

— se închide separatorul de bare al generatorului G_2 pe sistemul de bare *I* și se verifică închiderea acestuia;

— se deschide separatorul de bare al generatorului G_2 de pe sistemul de bare *II* și se verifică deschiderea acestuia;

— se conectează curentul operativ la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se declanșează *ICT*;

— se verifică valoarea tensiunii la sistemele de bare *I* și *II*, cum și sarcina transformatorului T_2.

Scoaterea unui sistem de bare din rezervă în reparație. Operațiile pe care trebuie să le execute personalul la scoaterea în reparație a sistemului de bare *II* din *ID* de 10 kV a centralei (fig. 12) sînt următoarele:

— se verifică poziția deschisă a *ICT* după indicatorul mecanic;

— se deschide separatorul de bare ale *ICT* de pe sistemul de bare II și se verifică poziția deschisă a acestuia;

— se deschide separatorul de bare al transformatorului de tensiune de pe sistemul de bare *II*;

— se verifică poziția deschisă a separatoarelor de bare ale tuturor plecărilor de pe sistemul de bare *II* și se blochează dispozitivele de acționare ale acestora;

— se montează îngrădirile și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se verifică lipsa tensiunii pe sistemul de bare *II*, se montează scurtcircuitoarele și se leagă la pămînt (sau se închid cuțitele de legare la pămînt ale acestui sistem de bare);

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici";

— se admite echipa la locul de muncă.

Scoaterea unui sistem de bare din funcțiune în reparație. Operațiile pe care le execută personalul la scoaterea în reparație a sistemului de bare *I* de 6 kV al stației, (fig. 13) sînt următoarele:

— se efectuează un control vizual exterior atent al sistemului de bare *II*;

— reglajele de timp ale protecției maximale a *ICT* se pun la valorile nule (minime);

— se anclanșează *ICT*;

— se verifică prezența tensiunii pe sistemul de bare *II*;

— se deconectează protecțiile de la *ICT*;

— se verifică poziția anclanșată a *ICT*, se închid separatoarele de bare ale liniilor și ale transformatoarelor LT_1, LT_2, T_1, L_2 și L_3 de pe sistemul de bare *II* și se verifică închiderea lor;

— se deschid separatoarele de bare ale liniilor și transformatoarelor (LT_1, LT_2, T_1, L_2, L_3) de pe sistemul de bare *I* și se verifică deschiderea lor;

Fig. 13.

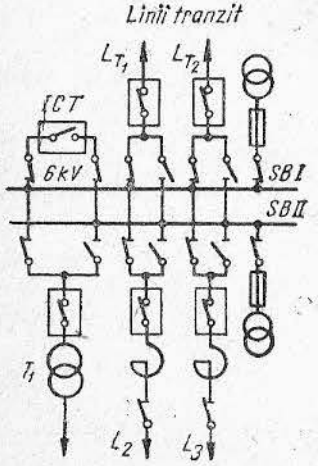
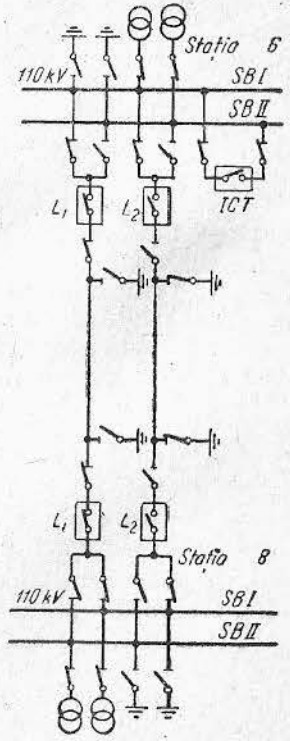


Fig. 14.



— se comută alimentarea circuitelor de tensiune ale aparatelor de măsurat ale protecțiilor prin relee și ale automatizării de la transformatorul de tensiune de pe sistemul de bare *I* la transformatorul de tensiune de pe sistemul de bare *II*;

— se verifică cu ampermetrul lipsa sarcinii prin *ICT*;

— se declanșează *ICT*;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se verifică poziția declanșată a *ICT* și se deschide separatorul *ICT* de pe sistemul de bare *I* verificîndu-se apoi poziția lor deschisă;

— se deschide separatorul de bare la transformatorul de tensiune de pe sistemul de bare *I* și se verifică deschiderea lui;

— se blochează dispozitivele de acționare ale separatoarelor deschise ale tuturor plecărilor de pe sistemul de bare *I*;

— se montează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se verifică lipsa tensiunii pe sistemul de bare *I*, apoi se montează scurtcircuitoarele de legare la pămînt;

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici";

— se admite echipa la locul de muncă.

Repunerea în funcțiune a unei linii electrice de transport după reparație. Operațiile pe care le execută personalul la repunerea în funcțiune a unei linii aeriene L_2 după revizie (fig. 14) sînt următoarele:

— se verifică după numărul de plăci avertizoare atîrnate înainte de începerea lucrului „Nu închideți — se lucrează pe linie!", dacă toate echipele au terminat lucrul, după care se scot toate aceste plăci avertizoare;

— se deschide separatorul de legare la pămînt al liniei L_2 din stația *6*;

— se deschide separatorul de legare la pămînt al liniei L_2 din stația *8*;

— se scot plăcile avertizoare „Nu închideți se lucrează pe linie!", se închid separatoarele de linie ale liniei L_2 în stația *8* și se verifică închiderea lor;

— se scot plăcile avertizoare „Nu închideți se lucrează pe linie!", se închid separatoarele de linie ale liniei L_2 în stația 6 și se verifică închiderea lor;

— se primește confirmarea acordului privind punerea în funcțiune a liniei L_2 de la personalul operativ din stația 8;

— se anclanșează întreruptorul liniei L_2 în stația 6;

— se anclanșează întreruptorul liniei L_2 în stația 8;

— se verifică distribuția sarcinii pe liniile L_1 și L_2;

— se comunică personalului operativ superior asupra executării punerii în funcțiune a liniei L_2.

Repunerea în funcțiune a unui transformator cu trei înfășurări după reparație. Operațiile pe care trebuie să le execute personalul la repunerea în funcțiune a unui transformator pentru funcționare în paralel după revizie [transformatorul T_1 are trei înfășurări de 110/35/10 kV (fig. 15); lucrările de revizie au fost efectuate numai la transformator]:

— se scot legăturile la pământ 4, 5, 6, de la transformatorul T_1;

— se face un control atent la transformatorul T_1 efectuîndu-se măsurările PRAM necesare;

— se îndepărtează îngrădirile provizorii, se scot plăcile avertizoare și se montează îngrădirile permanente;

— se scot lacătele de blocare de la dispozitivele de acționare ale separatoarelor transformatorului T_1 din *ID* de 110, 35 și 10 kV;

— se închide separatorul punctului neutru al transformatorului T_1, dacă regimul de funcționare cere acest lucru;

— se verifică poziția deschisă a întreruptorului și se închide separatorul de bare ale transformatorului T_1 pe sistemul barelor de lucru din *ID* de 110 kV, după care se se verifică închiderea lor;

— se verifică poziția deschisă a întreruptorului și se închide separatorul de bare ale transformatorului T_1 pe sistemul barelor de lucru din *ID* de 35 kV, după care se verifică închiderea lor;

— se verifică poziția deschisă a întreruptorului și se închide separatorul de bare al transformatorului T_1 pe sistemul barelor de lucru din *ID* de 10 kV, după care se verifică închiderea lor;

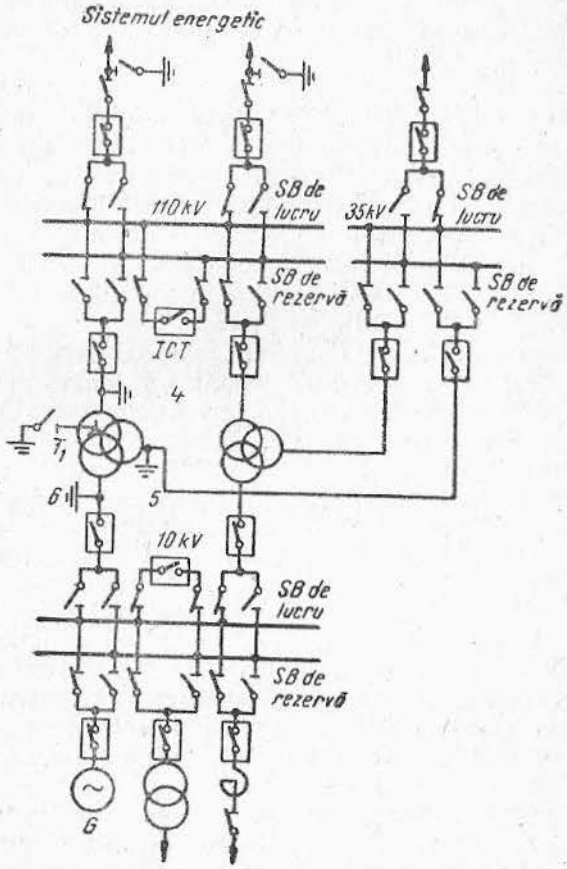


Fig. 15.

— se conectează curentul operativ al dispozitivelor de acționare ale întreruptoarelor transformatorului T_1 de 10,35 și 110 kV;

— se pune în funcțiune instalația de răcire a transformatorului T_1;

— se anclanșează întreruptorul pe partea de 110 kV al transformatorului T_1;

— se anclanșează întreruptorul pe partea de 35 kV al transformatorului T_1 și se verifică dacă transformatorul a preluat sarcina;

— se anclanșează întreruptorul pe partea de 10 kV al transformatorului T_1 și se verifică modul de distribuție al sarcinii între transformatoarele T_1 și T_2.

Scoaterea în reparație a unui generator. Operațiile pe care trebuie să le efectueze personalul la scoaterea în reparație a generatorului G_1 pentru executarea lucrărilor în circuitele statorului și rotorului generatorului (fig. 16) (generatorul G_1 se află în funcțiune și are sarcina activă și reactivă maximă):

— se anunță personalul din sala cazanelor și a turbinelor privitor la oprirea prevăzută a generatorului G_1;

— se verifică dacă deconectarea generatorului G_1 nu va duce la supraîncărcarea transformatorului care leagă stația cu sistemul energetic și nu va determina scăderea tensiunii la barele stației sub limitele admisibile; în caz contrar se vor lua măsurile corespunzătoare;

— se reduc treptat sarcinile activă și reactivă ale generatorului G_1;

— cînd se ating sarcinile minime se declanșează întreruptorul generatorului G_1, se introduce complet rezistența de șuntare a reostatului de excitare a existatoarei și pe cheia de comandă a generatorului se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se declanșează automatul de stingerea cîmpului (de dezexcitare rapidă);

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului generatorului G_1;

— se verifică poziția deschisă a întreruptorului G_1, se deschide separatorul de bare ale generatorului G_1 de pe sistemul barelor de lucru și se verifică deschiderea acestuia;

— se blochează cu lacăt dispozitivele de acționare ale separatorului de bare al generatorului G_1;

— se deschide separatorul punctului neutru al generatorului G_1 (dacă acesta există);

— se deschide separatorul transformatoarelor de tensiune de la tensiunea generatorului T_1 și se scot siguranțele acestora atît pe partea de înaltă tensiune, cît și pe partea de joasă tensiune;

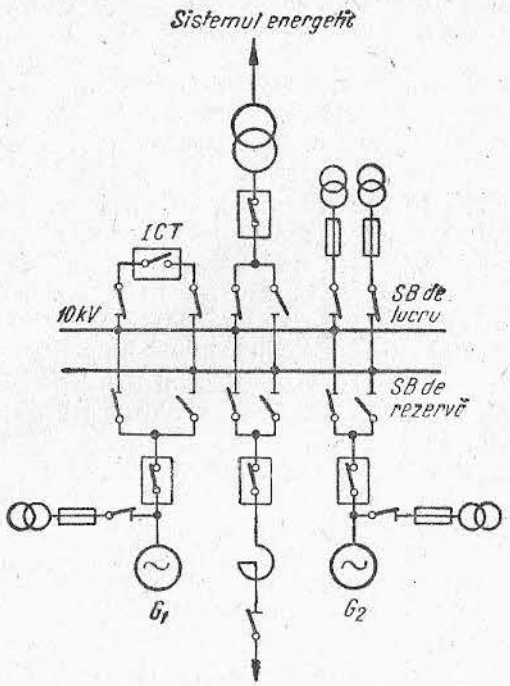


Fig. 16.

— se deschide întreruptorul excitației proprii a generatorului G_1;

— se verifică poziția deschisă a întreruptorului cu pîrghie al excitației de rezervă, se scot siguranțele tuturor dispozitivelor de acționare ale mecanismelor auxiliare ale generatorului G_1;

— la siguranțele dispozitivelor de acționare ale separatoarelor generatorului G_1 și ale transformatoarelor

de tensiune, cît și la separatoarele cu pîrghie ale excitației proprii și de rezervă, se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— butoanele de sincronizare ale generatorului G_1 de pe pupitrul de comandă se acoperă cu un dispozitiv special și se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se verifică lipsa tensiunii și se montează un scurtcircuitor mobil de legare la pămînt la bornele generatorului G_1, iar pe cheia de comandă a generatorului G_1 se atîrnă placa avertizoare „Pus la pămînt!";

Repunerea în funcțiune a unei secții de bare a centralei după reparație. Operațiile pe care personalul trebuie să le efectueze la repunerea în funcțiune a barelor colectoare ale unei secții din *ID* de 10 kV dintr-o centrală (fig. 17) (Comanda separatoarelor ambelor sisteme de bare se află amplasată în același loc):

— se scoate legătura la pămînt *10* de la barele colectoare ale secției *I* (sau se deschid cuțitele de legare la pămînt);

— se efectuează un control exterior al barelor colectoare și se verifică starea izolației barelor secției *I* cu megohmmetru;

— se scot lacătele de la dispozitivele de acționare ale separatoarelor tuturor plecărilor de pe secția *I*;

— se închide separatorul de bare de pe secția *I* al ICT_1 și se verifică închiderea:

— se închide separatorul de bare al întreruptorului cuplei longitudinale *ICL* de pe secția *I* și se verifică închiderea:

— se montează siguranțele de pe partea de înaltă și joasă tensiune ale transformatorului de tensiune, se închide separatorul de bare al transformatorului de tensiune al secției *I*;

— se pun reglajele minime de curent și de timp la protecția *ICT* ale secției *I*, se conectează curentul operativ la dispozitivul de acționare al întreruptorului;

— se anclanșează ICT_1;

— se conectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al ICT_1 al secției *I*;

— se verifică cu ajutorul voltmetrelor prezența tensiunii la barele secției *I*;

— se verifică poziția închisă a ICT_1 și se închide separatorul de bare ale liniei L_1 pe secția de bare *I*; se deschide separatorul de pe sistemul barelor de rezervă,

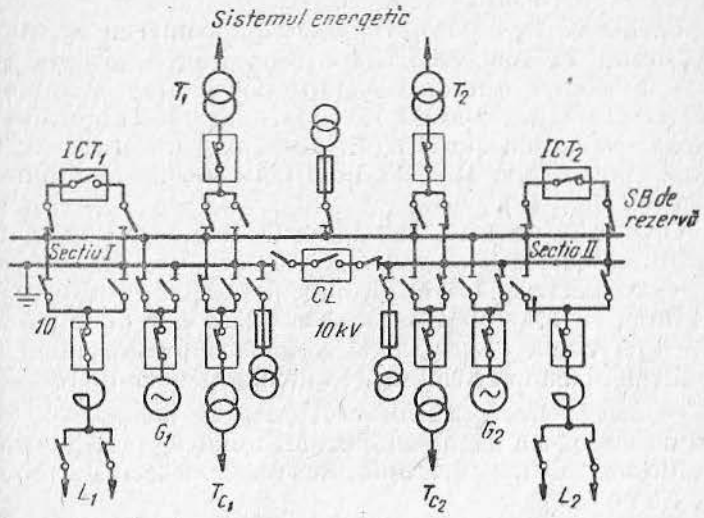


Fig. 17.

după care se verifică poziția lor închisă, respectiv deschisă;

— se închide separatorul de bare al generatorului G_1 pe secția *I* și se deschide separatorul de pe sistemul barelor de rezervă, după care se verifică poziția lor închisă, respectiv deschisă;

— se închide separatorul de bare al transformatorului T_1 pe secția *I* și se deschide separatorul de pe sistemul barelor de rezervă, apoi se verifică poziția lor închisă, respectiv deschisă;

— se închide separatorul de bară al transformatorului T_1 pe secția *I* și se deschide separatorul de pe sistemul barelor de rezervă, după care se verifică poziția lor închisă, respectiv deschisă;

— se conectează curentul operativ la dispoztivele de acționare ale ICT_1 și ICL ale secției I;

— se verifică sincronismul tensiunii și se închide ICL;

— se declanșează ICT de pe secția I și II;

— se conectează protecția și automatizarea la ICT și ICL de pe secția I.

Scoaterea în reparație a întreruptorului cu menținerea liniei în funcțiune. Cînd repararea întreruptorului este de lungă durată și apare necesitatea menținerii liniei în funcțiune, pe durata reparației întreruptorului se folosește metoda șuntării. În acest caz întreruptorul se scoate pntru reparație, iar linia continuă să funcționeze prin ICT (fig. 18).

Operațiile pe care trebuie să le efectueze personalul sînt următoarele:

— se declanșează întreruptorul liniei L_1 (întreruptorul liniei L_1 la celălalt capăt al acesteia este deschis);

— pe cheia de comandă a întreruptorului liniei L_1 se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului liniei L_1 și se verifică poziția deschisă a întreruptorului după indicatorul mecanic de poziție;

— se deschide separatorul de linie al liniei L_1;

— se deschide separatorul de bare al liniei L_1 de pe sistemul barelor de lucru (operații similare se execută și la capătul opus);

— se blochează cu lacăt dispozitivele de acționare ale separatoarelor deschise ale liniei L_1 și se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— personalul trebuie să se convingă de lipsa tensiunii la întreruptorul liniei L_1, după care se pun la pămînt bornele acesteia de ambele părți prin montarea de scurtcircuitoare mobile;

— se verifică lipsa tensiunii la bornele liniei L_1, după care se leagă linia L_1 la pămînt prin închiderea cuțitelor de legare la pămînt;

— se izolează întreruptorul liniei L_1 prin furca separatoarelor de bare ale liniei L_1;

— se deconectează conductorul liniei de la separatorul de linie L_1;

— se efectuează lucrarea de șuntare a întreruptorului liniei L_1; la executarea șuntării legăturile deconectate trebuie să fie îndepărtate la o distanță suficientă pentru

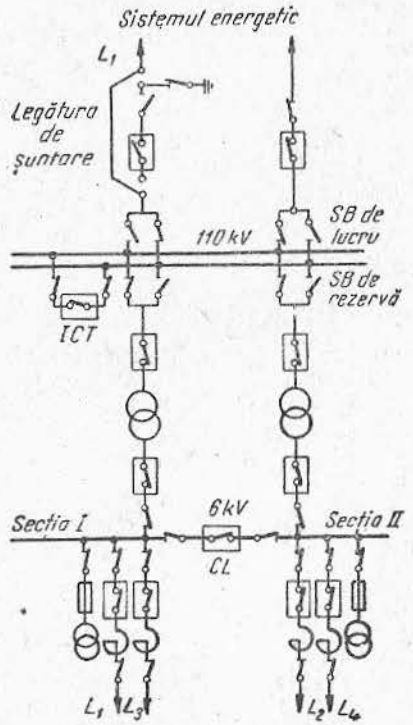


Fig. 18.

a exista o protecție în cadrul apropierii întîmplătoare, și să fie bine fixate pe locurile lor;

— se închide separatorul liniei L_1 pe sistemul barelor de rezervă (separatoarele ICT de pe sistemele de bare de lucru și de rezervă au fost închise);

— se închide ICT cu protecțiile corespunzătoare protecției liniei L_1;

— se montează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se admite la lucru echipa în locurile de lucru conform regulilor tehnicii securității muncii.

Scoaterea în reparație a unui transformator fără întreruptor pe partea de înaltă tensiune[1]. Operațiile pe care trebuie să le efectueze personalul la scoaterea transformatorului T_1 în reparație (fig. 19) sînt următoarele:

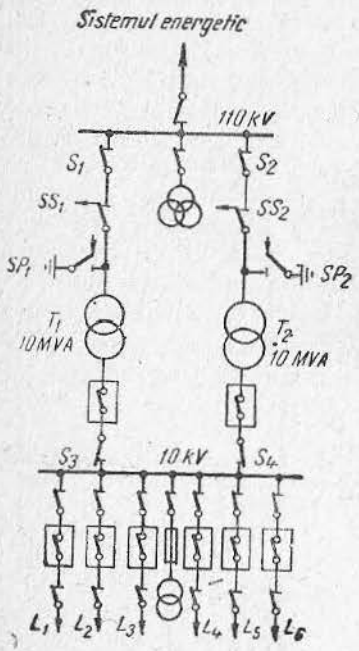


Fig. 19.

— se precizează care va fi sarcina transformatorului T_2 după declanșarea transformatorului T_1 (dacă este necesar se iau măsuri privind intensificarea răcirii transformatorului T_2);

— se declanșează întreruptorul T_1 de pe partea de 10 kV se verifică dacă sarcina a trecut de la transformatorul T_1 pe transformatorul T_2, iar pe cheia de comandă a întreruptorului se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează"!;

— se deschide separatorul de sarcină SS_1 (separator automat tripolar al transformatorului T_1) și pe cheia de comandă a acestuia se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!" (curentul de mers în gol al transformatorului T_1 avînd puterea de 10 MVA este deschis de separatorul de sarcină SS_1 prin comanda la distanță în conformitate cu regulile privind instalațiile electrotehnice);

— se verifică poziția declanșată a întreruptorului transformatorului T_1 pe partea de 10 kV după indicatorul mecanic de poziție și se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului;

— se verifică poziția deschisă a separatorului de sarcină SS_1 al transformatorului T_1 și se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare, iar apoi se blochează dispozitivul de acționare cu un lacăt;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al separatorului de legare la pămînt SP_1 (separator automat monofazat) al transformatorului T_1 și se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se deschide separatorul de bare S_3 al transformatorului T_1 de pe partea de 10 kV și se verifică deschiderea lui, iar apoi se blochează dispozitivul de acționare cu lacăt;

— se deschide separatorul de bară S_1 al transformatorului T_1 de pe partea de 110 kV și se verifică deschiderea lui, iar apoi se blochează dispozitivul de acționare al acestuia cu lacăt;

— se montează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se verifică lipsa tensiunii la cele șase borne ale întreruptorului transformatorului T_1 din *ID* de 10 kV și se montează scurtcircuitoare de legare la pămînt pe bornele întreruptorului dinspre transformator;

— se verifică lipsa tensiunii la cele șase borne ale separatorului de sarcină SS_1 al transformatorului T_1 și se montează scurtcircuitoare de legare la pămînt la bornele separatorului dinspre transformator;

— se admite la lucru echipa de reparație pentru executarea lucrărilor la transformatorul T_1.

Scoaterea în reparație a separatorului de bare într-o stație cu două sisteme de bare. La un control într-o stație de 10 kV s-a constatat un defect la separatorul liniei L_{10} dinspre sistemul de bare *II*, fapt care a determinat deschiderea acestuia și scoaterea în reparație (fig. 20).

[1] Astfel de scheme, cu separatoare de putere nu se întîlnesc în sistemul energetic al R.S.R.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— după ce se comunică abonatului că linia L_{10} este declanșată prin întreruptor și prin separatorul de linii, se declanșează în stație prin întreruptor și prin separatorul

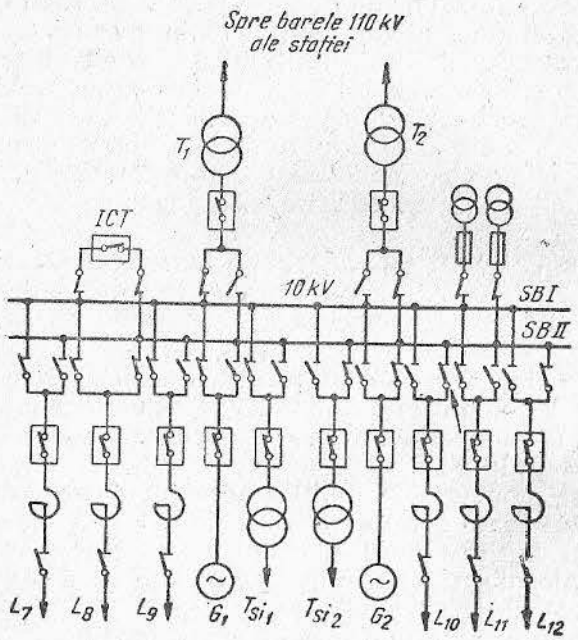


Fig. 20.

de linie linia L_{10}, deconectîndu-se apoi curentul operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se închide separatorul de bare al transformatorului T_2, ale liniei L_8, ale transformatorului serviciilor interne T_{si}, ale generatorului G_2 și ale liniei L_{12} pe sistemul de bare *I* și se verifică închiderea acestora;

— se deschide separatorul de bare al transformatorului T_2, ale liniei L_8, al transformatorului serviciilor interne T_{si2}, al generatorului G_2 și al liniei L_{12} de pe sistemul de bare *II* și se verifică poziția lor deschisă;

— se transferă alimentarea circuitelor de tensiune ale aparatelor de măsurat, ale protecției prin relee și automatizării de pe sistemul de bare *II* de la transformatorul de tensiune al sistemului de bare *II* la transformatorul de tensiune al sistemului de bare *I*;

— se verifică cu ampermetru lipsa sarcinii prin *ICT*;

— se conectează curentul operativ la dispozitivul de acționare și se declanșează *ICT*;

— se deschide separatorul *ICT* de pe sistemul de bare *II* și se verifică deschiderea acestora;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se deschide separatorul de bare al transformatorului de tensiune de pe sistemul de bare *II*;

— se blochează cu lacăt dispozitivele de acționare al separatoarelor deschise de pe sistemul de bare *II* la: *ICT*, T_2, L_7, L_8, L_9, G_1, G_2, T_{si1}, T_{si2}, L_{11}, L_{12} și T_1;

— se montează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se verifică lipsa tensiunii pe sistemul de bare *II* și se montează scurtcircuitorul de legare la pămînt;

— se verifică lipsa tensiunii la furca de bare a liniei L_{10} după care se montează scurtcircuitoarele de legare la pămînt;

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici";

— se admite echipa la locul de muncă.

Scoaterea în reparație a unui transformator conectat în schemă poligonală. Operațiile pe care trebuie să le execute personalul în cazul scoaterii în reparație a transformatorului T_1 (lucrările de reparație se vor executa numai pe transformatorul T_1 și la întrerupătorul I_5 al transformatorului T_1 dinspre partea de 10 kV) (fig. 21):

— se verifică prezența sarcinii la transformatoarele T_1 și T_2; se stabilește care va fi sarcina la transformatorul T_2 după deconectarea transformatorului T_1 (în cazul cînd este necesar să iau măsuri de intensificare a răcirii transformatorului T_2);

— se declanşează întrerupătorul I_5 al transformatorului T_1 dinspre partea de 10 kV, se verifică sarcina transformatorului T_2 şi pe cheia de comandă a întrerupătorului se atîrnă placa avertizoare „Nu închideţi — se lucrează!";

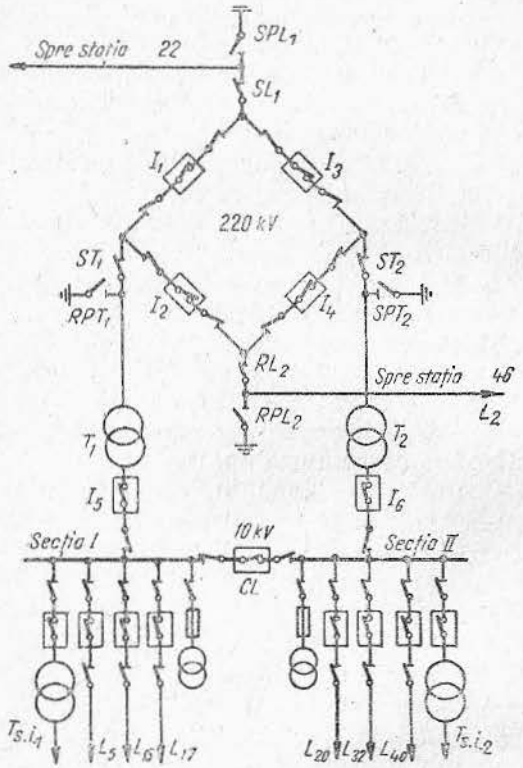


Fig. 21.

— se verifică poziţia anclanşată a întreruptoarelor I_3 şi I_4;

— se declanşează întreruptorul I_1 şi pe cheia de comandă se atîrnă placa avertizoare „Nu închideţi — se lucrează!" (în acest caz se deschide circuitul punţii de 220 kV);

— se declanşează întreruptorul I_2 şi pe cheia de comandă se atîrnă placa avertizoare „Nu închideţi — se lucrează!";

— se verifică poziţia declanşată a întreruptorului I_5 al transformatorului T_1 dinspre partea de 10 kV cu ajutorul indicatorului mecanic de poziţie, şi se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acţionare al întreruptorului;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acţionare al întreruptorului şi se verifică poziţia declanşată a întreruptorului I_1, după indicatorul mecanic de poziţie;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acţionare al întreruptorului I_2 şi se verifică poziţia de declanşare al acestuia după indicatorul mecanic de poziţie;

— se deschid separatoarele de bare ale transformatorului T_1 dinspre partea de 10 kV şi se verifică poziţia acestora, blocînd dispozitivele lor de acţionare cu lacăt;

— se deschide separatorul de bare ST_1 ale transformatorului T_1 dinspre punte şi se verifică deschiderea acestuia blocîndu-se apoi dispozitivele de acţionare cu lacăt;

— se conectează curentul operativ la dispozitivele de acţionare ale întreruptoarelor I_1 şi I_2;

— se anclanşează întreruptoarele I_1 şi I_2 (se restabileşte circuitul punţii de 220 kV);

— se montează îngrădirile necesare şi se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se verifică lipsa tensiunii pe cele şase borne ale întreruptorului I_5 al transformatorului T_1 din *ID* de la 10 kV şi se montează două seturi de scurtcircuitoare pentru legare la pămînt: unul pe bornele întreruptorului spre bare, iar celălalt pe bornele spre transformator;

— se verifică lipsa tensiunii la bornele transformatorului T_1 dinspre 220 kV şi se închid cuţitele de legare la pămînt SPT_1;

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrează aici";

— se admite echipa de reparaţie la lucru.

Scoaterea în reparații a separatoarelor de bare ale generatorului. Operațiile pe care le execută personalul la scoaterea în reparație a separatoarelor de bare ale generatorului G_2 (generatoarele G_1, G_2, G_3 și transformatoarele T_1 și T_2 sînt în stare de funcțiune) (fig. 22), sînt următoarele:

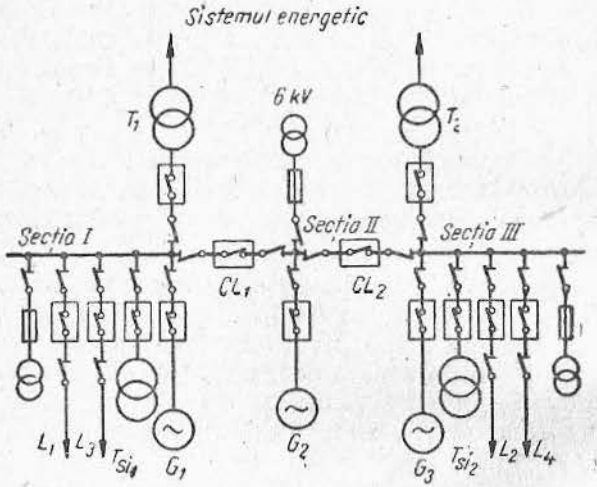


Fig. 22.

— se verifică dacă deconectarea generatorului G_2 nu are ca urmare supraîncărcarea transformatoarelor T_1 și T_2, cît și scăderea tensiunii pe bare (secțiile *I* și *III*) sub limitele admisibile; în caz contrar se iau măsuri corespunzătoare;

— se micșorează treptat sarcina activă și cea reactivă a generatorului G_2;

— cînd se ajunge la valorile minime ale sarcinii se declanșează întreruptorul generatorului, se introduce complet rezistența reostatului de șuntare al excitatoarei și pe cheia de comandă a generatorului se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează"!;

— se deconectează automatul de dezexcitare rapidă;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului generatorului G_2, se verifică poziția deschisă a întreruptorului generatorului G_2;

— se comunică abonaților viitoarea funcționare separată a secțiilor *I* și *III* din *ID* de 6 kV;

— se verifică prezența sarcinii pe transformatoarele T_1 și T_2;

— se declanșează întreruptorul cuplei longitudinale ICL_1 și pe cheia de comandă a întreruptorului se atîrna placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează"!;

— se reglează tensiunea pe secțiile *I* și *III* din *ID* de 6 kV;

— se verifică lipsa sarcinii și se declanșează ICL_2, iar pe cheia de comandă a acestui întreruptor se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivele de acționare ale ICL_1 și ICL_2 și se verifică poziția deschisă a întreruptoarelor ICL_1 și ICL_2;

— se deschide separatorul de bare ale ICL_1 dinspre secția *II* și se verifică deschiderea acestuia;

— se blochează cu lacăt dispozitivul de acționare al separatorului de bare al ICL_1 dinspre secția *II*;

— se deschide separatorul de bare al întreruptorului ICL_2 de pe secția *II* și se verifică deschiderea acestuia;

— se blochează cu lacăt dispozitivul de acționare al separatorului de bare al ICL_2 dinspre secția *II*;

— se deschide separatorul de bare la transformatorul de tensiune de pe secția *II* din *ID* de 6 kV;

— se deschide separatorul transformatorului de tensiune de la bornele generatorului și se scot siguranțele acestora atît de pe partea de înaltă tensiune, cît și de pe partea de joasă tensiune, după care se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se deschide întreruptorul cu pîrghie al excitației proprii a generatorului și se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— butoanele de sincronizare ale generatorului de pe pupitrul de comandă se acoperă cu un dispozitiv special

pe care se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se montează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se verifică lipsa tensiunii și se montează legăturile la pămînt pe bornele întreruptorului generatorului G_2 dinspre bare;

— se verifică lipsa tensiunii și se montează scurtcircuitoare de legare la pămînt pe barele secției *II* din *ID* de 6 kV;

— se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici";

— se admite echipa de reparații la lucru.

Scoaterea în reparație a transformatorului de rezervă al serviciilor interne ale centralei. Operațiile pe care trebuie să le execute personalul la scoaterea transformatorului de rezervă T_r în reparație (fig. 23) sînt următoarele:

— se verifică dacă nu există observații privind funcționarea transformatoarelor T_1 și T_2 în funcțiune ale serviciilor interne;

— se deconectează automatul transformatorului de rezervă T_r;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului L_1, al transformatorului T_r și se verifică poziția deschisă a întreruptorului I_1 dinspre secția *I* al *ID* de 3 kV după indicatorul mecanic de poziție;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului I_2 al transformatorului T_r și după indicatorul mecanic de poziție se verifică poziția deschisă a întreruptorului I_2 dinspre secția *II* a *ID* de 3 kV;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului I_3 al transformatorului T_r și după indicatorul mecanic de poziție se verifică poziția deschisă a întreruptorului I_3 dinspre barele de 110 kV;

— se scoate din celulă căruciorul cu întreruptorul I_1;

— se închide ușa exterioară a celulei întreruptorului I_1 și se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se scoate din celulă căruciorul cu întreruptorul I_2;

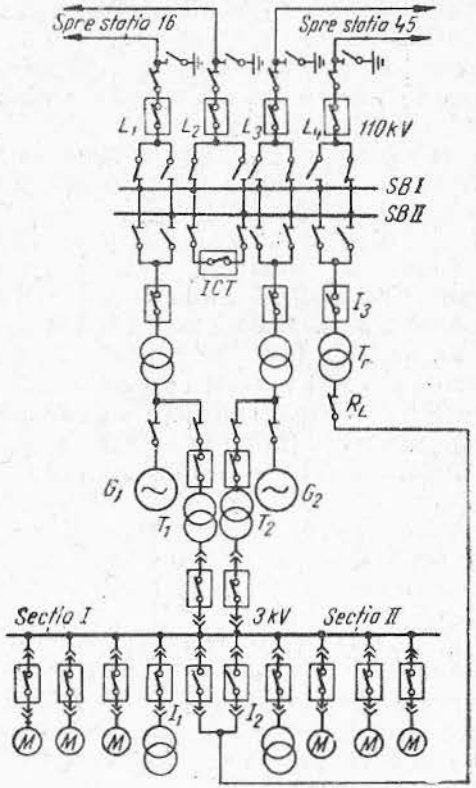


Fig. 23.

— se blochează ușa exterioară a celulei întreruptorului I_2 și se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se deschide separatorul de bare al transformatorului T_r de pe sistemul de bare *I* din *ID* de 110 kV, se ve-

rifică deschiderea acestuia şi se blochează cu lacăt dispozitivul de acţionare;

— se deschide separatorul de linie S_1 al transformatorului T_r;

— se montează îngrădirile şi se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare în conformitate cu normele de tehnica securităţii muncii;

— se verifică lipsa tensiunii pe cele şase borne ale întreruptorului I_3 de 110 kV al transformatorului T_r şi se leagă la pămînt bornele întreruptorului dinspre bare;

— se verifică lipsa tensiunii pe separatoarele de linie L_1 al transformatorului T_r şi se montează legăturile la pămînt dinspre *ID* de 3 kV;

— se atîrnă placa avertizoare „Lucraţi aici";

— se admite la lucru echipa pentru reparaţii.

Scoaterea în reparaţie a întreruptorului liniei fără întreruperea alimentării cu energie în condiţiile existenţei sistemului de bare de transfer. Scoaterea în reparaţie a întreruptorului oricărei plecări fără întreruperea alimentării cu energie electrică poate fi realizată prin punerea în funcţiune a sistemului de bare de transfer *SBT* şi prin înlocuirea întreruptorului scos din reparaţie cu întreruptorul cuplei de transfer *CT*. În condiţiile normale de exploatare întreruptorul cuplei de transfer *CT* este declanşat, iar separatoarele sale de bare sînt închise pe sistemul de bare de transfer şi pe sistemul de bare *II* din *ID* de 220 kV.

Operaţiile pe care trebuie să le execute personalul pentru scoaterea în reparaţie a întreruptorului liniei L_2 legat la sistemul de bare *II* din *ID* de 220 kV păstrînd linia în stare de funcţiune (fig. 24), sînt următoarele:

— se verifică vizual, cu atenţie, sistemul barelor de transfer care se află în rezervă;

— protecţiile cuplei de transfer se reglează la valorile minime de curent şi timp;

— se închide separatorul de bare al cuplei de transfer pe acelaşi sistem de bare pe care se află elementul a cărui trecere pe transfer se execută;

— se anclanşează întreruptorul cuplei de transfer după care se verifică poziţia anclanşată a întreruptorului,

adică personalul trebuie să se convingă de faptul că sistemul barelor de transfer se află sub tensiune;

— se declanşează întreruptorul de transfer;

— se închide separatorul de pe sistemul barelor de transfer *STL* al liniei L_2;

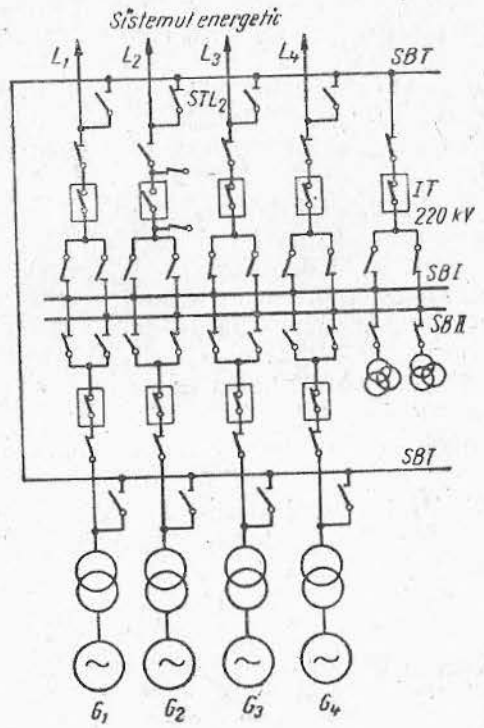


Fig. 24.

— protecţiile întreruptorului cuplei de transfer se reglează la valorile de curent şi timp, corespunzătoare protecţiei liniei L_2, şi acest întreruptor se introduce în circuitele protecţiei diferenţiale a barelor;

— se anclanşează întreruptorul de transfer după care se verifică poziţia închisă a întreruptorului;

— se declanșează întreruptorul liniei L_2, se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al întreruptorului și se verifică poziția deschisă a întreruptorului liniei L_2; pe maneta cheii de comandă a întreruptorului liniei L_2 se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se deschide separatorul de linie al liniei L_2, se verifică deschiderea acestora și se blochează cu lacăt dispozitivul de acționare;

— se deschide separatorul de bare al liniei L_2 de pe sistemul de bare *II* din *ID* de 220 kV, se verifică poziția deschisă a acestuia și se blochează cu lacăt dispozitivul de acționare;

— se verifică poziția deschisă a separatorului de bare al liniei L_2 de pe sistemul de bare *I* din *ID* de 220 kV și se blochează cu lacăt dispozitivul de acționare;

— se montează îngrădirile necesare și se atîrnă plăcile avertizoare corespunzătoare;

— se controlează lipsa tensiunii la întreruptorul liniei L_2 după care se montează legăturile la pămînt ale acestuia pe ambele părți;

— pe întreruptorul liniei L_2 se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici";

— se admite la lucru echipa la locul de muncă conform regulilor tehnicii securității muncii.

3. Prevenirea defectelor și avariilor în exploatarea generatoarelor

Cauzele principale ale deteriorării generatoarelor. Din experiența de exploatare a hidro- și turbogeneratoarelor se știe că principalele cauze ale deteriorării acestora sînt defectele de fabricație produse la fabricarea generatoarelor, defectele datorită reparațiile și montajului de calitate nesatisfăcătoare, cît și defectele datorită îmbătrînirii și slăbirii izolației, supratensiunilor de co-

mutație sau de origină atmosferică, eforturilor dinamice în cazul scurtcircuitelor exterioare etc.

Cea mai mare parte a generatoarelor ies din funcțiune ca rezultat al avarierii excitatoarei.

Din vina fabricii producătoare se produc cel mai frecvent defectările părților frontale ale înfășurărilor statoarelor generatoarelor. Încălzirea peste limită, datorită răciri insuficiente a înfășurării și lipiturilor de calitate nesatisfăcătoare determină, de asemenea, deteriorarea îmbinărilor prin lipire.

Uneori o cauză a defectării o reprezintă prezența diferitelor piese rămase de la montaj după asamblarea și terminarea montării generatorului, uitate în canalele de ventilație și în corpul generatorului.

Fixarea necorespunzătoare și presarea părții active a statorului constituie adesea o cauză a defectării generatorului în urma deteriorării izolației.

Adesea deconectările de avarie ale generatoarelor se produc datorită deteriorării izolației din cauza calității necorespunzătoare de fabricație a barelor de către fabrica constructoare. Se observă cazuri de străpungere a barei superioare sau a barei inferioare, urmare a formei nerectilinii a acestora ce duce la deteriorarea izolației în locurile de fixare a acestor bare.

Vibrațiile pachetelor extreme de tole datorită slăbirii generale a strîngerii duce, de asemenea, la deteriorarea izolației barei în locul ieșirii din crestătură.

Deteriorările mecanice ale izolației barelor înfășurării statorice față de carcasă, care se produc la asamblare la uzina producătoare, duc atît la arderea înfășurării, cît și a fierului statorului.

Cea mai caracteristică avarie a rotoarelor generatoarelor, din vina fabricii producătoare o reprezintă defectarea legăturilor interpolare la rotoarele hidrogeneratoarelor și deteriorarea izolației. Realizările constructive necorespunzătoare a bandajelor rotorului duce la scurtcircuitarea la masă a înfășurării rotorului.

Deteriorarea diferitelor piese ale bandajului se observă sub formă de fisuri, corodări, lovituri, arsuri, topire de metal etc.

Pătrunderea uleiului pe arbore în înfășurare datorită calității necorespunzătoare a garniturilor reprezintă una din cauzele deteriorării izolației circuitelor de excitație ale generatorului.

Un important număr de avarii ale generatoarelor se produc din cauza personalului de reparație și a celui operativ din centralele electrice. La deconectarea generatoarelor prin protecție, în cazul defectelor interne, se ivesc cazuri de acționare greșită a personalului. De exemplu, la deconectarea generatorului prin protecție datorită unui defect interior, fără a verifica starea și fără a preciza cauza deconectării, personalul pune în funcțiune generatorul la care există o avarie evidentă. În acest caz înfășurarea, care are o rezistență mică, este supusă tensiunii nominale, fapt care are drept urmare că prin locul de defect trece un curent important și se formează un arc electric care deteriorează nu numai înfășurarea, ci și fierul statorului.

Într-o serie de cazuri, cînd din vina personalului laboratorului electric protecția prin relee a generatorului refuză să funcționeze în caz de avarie, trecerea îndelungată a curentului de scurtcircuit prin generator duce la avarii importante ale înfășurării și ale fierului statorului.

Supravegherea insuficientă a funcționării generatorului din partea personalului din sala generatoarelor și a turbinelor poate duce la avarierea generatorului datorită încălzirii puternice (cauza acesteia o reprezintă închiderea vanei pe conducta apei de răcire a instalației de răcire a generatorului la pornirea din rezervă a mașinii).

La proiectare se prevede uneori pentru o exploatare mai comodă montarea de separatoare la bornele generatorului. În exploatare s-au întîlnit multe cazuri de deconectare a generatorului prin protecția prin relee datorită avarierii acestor separatoare, din cauza unei reparații necorespunzătoare sau a unei întrețineri nesatisfăcătoare a acestora.

Defectele și deconectările de la sistem a generatoarelor se produc și în urma pătrunderii apei direct în generator sau la bornele acestuia sau datorită murdăririi și înfundării conductei gazului de răcire. În acest caz

aparatele racordate la această conductă pot indica o presiune importantă a hidrogenului în corpul generatorului. Alimentarea suplimentară cu hidrogen de către personal, fără stabilirea cauzelor modificării presiunii gazului duce la explozia amestecului de hidrogen și la aprinderea uleiului.

Deteriorarea generatoarelor se produce și în cazul murdăririi cu praf și ulei a înfășurărilor.

Există pînă în prezent cazuri de defectare a generatoarelor datorită trecerii greșite a excitației generatorului de la excitarea de lucru la cea de rezervă. Nerespectarea de către personal a condiției de cuplare pentru funcționarea în paralel a două mașini de curent continuu a servit de nenumărate ori drept cauză de avarii grele la ambele excitatoare.

În unele cazuri de avariere a generatoarelor are loc datorită unor măsuri operative nehotărîte luate de către personal la situația de avarie a generatorului.

Deteriorările generatoarelor se produc, de asemenea, și datorită defectării excitatoarei și a etanșării cu ulei a lagărelor generatorului cu răcire cu hidrogen, datorită lipsei măsurărilor sistematice a rezistenței izolației circuitelor de excitație și a rezistenței izolației circuitelor de excitație și a rezistenței izolației lagărelor generatoarelor și a lagărelor generatoarelor și a lagărelor excitatoarei cînd circuitul de ulei este complet asamblat.

În exploatare se întîlnesc adesea cazuri de pierdere a excitației generatorului datorită verificării insuficiente la repararea excitatoarei a contactelor legăturilor din circuitele de excitație.

Avarierea excitatoarei generatorului poate avea loc datorită forțării excitației la scurtcircuit. În cazul prelungirii forțării în timp și cînd stabilitatea termică este insuficientă, circuitele de excitație se încălzesc, iar contactele se supraîncălzesc și ard. Aceasta se produce în cazurile cînd generatorul este exploatat fără a se verifica funcționarea sa la valoarea de plafon a excitației.

Repunerea generatorului în funcțiune fără ridicarea prealabilă a tensiunii la generator, după conectarea sa

nereușită la rețea, reprezintă o eroare grosolană a personalului și duce la avarierea generatorului.

În cazul exploatării turbogeneratoarelor, care au răcirea cu hidrogen este deosebit de importantă menținerea etanșeității sistemului de răcire, deoarece pătrunderea aerului în corpul generatorului poate duce la avarii sau explozie. De aceea personalul operativ al centralelor electrice trebuie să urmărească cu stricteţe ca să nu se întrerupă alimentarea cu ulei a etanșărilor.

Dacă nu se reușește menținerea suprapresiunii în corpul generatorului datorită unui defect în sistemul de alimentare a gazului în carcasă, în urma încetării introducerii uleiului în lagărele de etanșare sau în cazul descărcării de avarii a sarcinii generatorului (în urma răcirii bruște a generatorului), trebuie luate măsuri care să preîntîmpine pătrunderea aerului în carcasa generatorului.

Acționarea personalului la apariția defectelor și avariilor la gneratoare. La toate declanșările în caz de avarie a întreruptorului generatorului, personalul operativ trebuie să procedeze în modul următor:

— se anulează semnalizarea acustică și se comunică personalului superior;

— se verifică sarcina generatoarelor și transformatoarelor rămase în funcțiune și se asigură alimentarea cu energie electrică a serviciilor interne ale centralei și ale liniilor abonaților;

— după clapetele căzute ale releelor de semnalizare se stabilește care protecție a produs deconectarea generatorului; dacă nu există clapete căzute se clarifică dacă nu este cazul unei deconectări greșite a generatorului; în acest scop se verifică:

— dacă nu s-au efectuat unele lucrări în apropierea pupitrelor de comandă sau a protecției generatorului;

— dacă deconectarea generatorului nu a fost însoțită de o scădere mare a tensiunii pe barele centrale (după indicațiile voltmetrelor înregistratoare);

— dacă în momentul deconectării generatorului nu a avut loc o punere la pămînt în circuitele curentului operativ.

În cazul cînd are loc o dublă punere la pămînt în sistemul de excitație sau în înfășurarea rotorului este necesară deconectarea prin protecția contra dublei puneri la pămînt rotorice a generatorului simultan cu deconectarea excitației prin automatul de desexcitare rapidă.

În cazul cînd generatorul era încărcat simetric și a trecut în regim de motor, trebuie ca, fără a deconecta generatorul de la rețea, să fie preluată sarcină activă. Funcționarea generatorului în regim de motor este limitată numai de condițiile de funcționare ale turbinei.

În cazul cînd apare o asimetrie a sarcinii (inegalitatea curenților în faze) care depășește valoarea admisă pentru generatorul dat, trebuie luate măsuri de micșorarea asimetriei sau de reducerea sarcinii pentru a nu se depăși curentul normal pe nici o fază. Dacă nu se reușește să se micșoreze asimetria pînă la limitele admise, menținerea în funcțiune a generatorului este interzisă, procedîndu-se fie la deconectarea sursei care introduce asimetria în rețea, fie la deconectarea generatorului.

Sarcina asimetrică poate apare cînd în rețea există astfel de consumatori cum sînt cuptoarele electrice monofazate, tracțiune electrică, care funcționează în curent alternativ monofazat, sau în cazul întreruperii unora dintre conductoare (întreruperea în circuitul unei faze a întreruptorului, separatorului, arderea contactelor, ruperea conductorului) liniei de transport, în cazul transportului de energie pe două conductoare folosindu-se pămîntul drept al treilea conductor, cînd generatorul funcționează prin două faze ale transformatorului etc.

În exploatare trebuie avut în vedere faptul că în cazul apariției unei sarcini asimetrice inadmisibil de mari iau naștere vibrații ale mașinii și se produce o încălzire importantă a rotorului generatorului. Încălzirea puternică a rotorului atrage după sine o diferență mare de temperatură între temperatura mediului de răcire care intră în generator și cel care iese din generator.

În cazul apariției unor scîntei puternice sau circulare pe colector trebuie micșorat curentul de excitație prin coborîrea sarcinii reactive și a celei active pînă la valoarea pentru care scînteierea dispare. Dacă scînteierea

— se examinează cablurile de la bornele generatorului G_2 pînă la ID, transformatoarele de curent și de tensiune și întregul circuit al generatorului G_2 (la examinarea întreruptorului trebuie observat dacă nu a aruncat ulei sau dacă nu prezintă deteriorări vizibile, izolatoare sparte, afumate, conturnate etc.);

— se deschide separatorul de bare al generatorului G_2 și se măsoară rezistența izolației înfășurării statorice cu un megohmmetru împreună cu cablurile de forță;

— se măsoară rezistența izolației înfășurării rotorului; aceasta este determinat de faptul că în cazul apariției unei duble puneri la pămînt în înfășurarea rotorului generatorului, acesta este deconectat prin protecție;

— se scot capacele frontale și se efectuează un control exterior amănunțit al părților frontale ale înfășurării statorului generatorului G_2.

Cînd nu există urme de avariere a generatorului sau elementelor de racordare a acestuia după verificarea indicată se poate trage concluzia că deconectarea generatorului a avut loc în urma unei funcționări greșite a protecției.

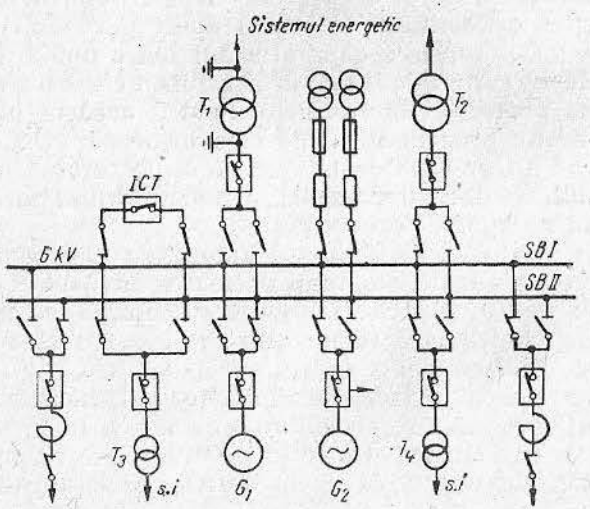


Fig. 25.

În acest caz conectarea generatorului la rețea se execută în următoarea succesiune;

— se pregătesc mijloacele contra incendiului pentru cazul cînd apare un incendiu la generator;

— se stabilește o legătură permanentă între sala mașinilor, unde se află generatorul și pupitrul de comandă al centralei;

— cu ADR anclanșat și cu rezistența reostatului complet introdusă se începe rotirea generatorului [regulatorul automat al tensiunii (RAT) și dispozitivul de forțare a excitației (DFE) ale generatorului trebuie să fie deconectate];

— cînd se ajunge cu grupul la turația nominală se începe creșterea lentă a tensiunii statorului generatorului pînă la valoarea nominală; creșterea tensiunii la generator se efectuează după indicația persoanei care urmărește rotirea generatorului în sala mașinilor;

— dacă la tensiunea nominală a statorului la generator nu se observă nici un defect, se trece la verificarea protecției diferențiale a generatorului după programul complet conform instrucțiunilor de exploatare a protecției prin relee a generatoarelor;

— în cazul cînd protecția diferențială este în perfectă stare generatorul se sincronizează și se conectează la rețea.

Creșterea bruscă a temperaturii generatorului. Se examinează cazul creșterii bruște a temperaturii înfășurării și fierului statorului generatorului, cît și a aerului de ieșire din generator cînd acesta este la sarcina totală reactivă și activă cu condiția ca după deconectarea de avarie a generatorului transformatorului T_1 (fig. 26) care face legătura între centrală și sistemul energetic, să poată primi cu o suprasarcină admisibilă întreaga sarcină a centralei. Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt:

— se comunică personalului superior situația privitoare la creșterea temperaturii generatorului, se întărește supravegherea generatorului, și dacă este posibil, se

iau măsuri pentru răcirea suplimentară a transformatorului;

— se verifică, după ampermetre, dacă nu a apărut disimetrie de curenți pe fazele generatorului și se verifică dacă generatorul nu vibrează;

— se micșorează curentul statorului generatorului prin reducerea curentului de excitație; în acest caz tensiunea la barele centrale și sarcina reactivă a generatorului nu trebuie să coboare sub limitele admisibile, indicate în instrucțiunile locale; dacă prin micșorarea sarcinii reactive nu este posibilă micșorarea temperaturii generatorului, trebuie coborîtă sarcina activă a generatorului;

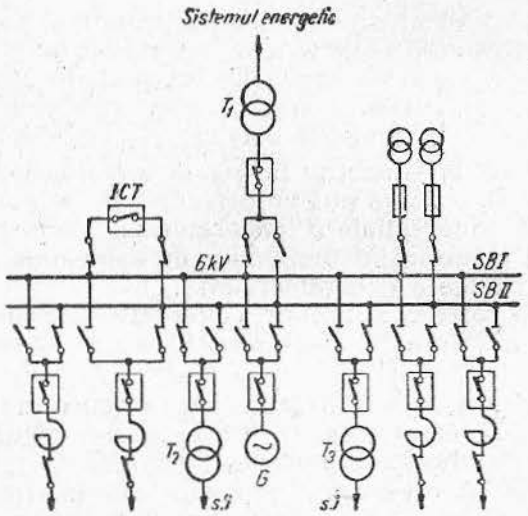


Fig. 26.

— dacă generatorul are răcirea în sistem închis se verifică dacă nu există defecte în sistemul de răcire al generatorului.

În acest scop se verifică dacă sînt complet deschise vanele sistemului de răcire cu aer sau cu gaz, dacă nu sînt închise din greșeală, și dacă sînt complet deschise

vanele apei de răcire; se verifică și temperatura apei de răcire.

Dacă generatorul are sistem de răcire direct, se verifică dacă nu sînt închise vanele la intrarea și la ieșirea aerului, dacă nu s-au încărcat mult filtrele de curățare a aerului de intrare, dacă obiecte străine nu au obturat locul de priză a aerului rece.

Dacă în scopul răcirii, generatorul are un ventilator pentru aer suplimentar, se verifică funcționarea acestui ventilator și poziția supapelor pe traseul aerului de la ventilator.

În cazurile cînd încălzirea la sarcină minimă rămîne peste valoarea admisă și nu s-au clarificat cauzele încălzirii, generatorul trebuie oprit.

Oprirea alimentării cu apă a răcitoarelor cu gaz ale generatorului (avînd răcirea cu hidrogen). S-a întrerupt alimentarea cu apă a răcitoarelor de gaz ale generatorului G_1 pe linia principală și cea de rezervă; generatorul G_2 se află în rezervă, în cazul declanșării de avarie a generatorului G_1 transformatorul care leagă centrala de sistemul energetic se supraîncarcă cu 50% (fig. 27).

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt:

— să comunice personalului superior asupra stării de avarie a generatorului;

— să dea dispoziție de pornire a generatorului G_2;

— să se reducă sarcina reactivă a generatorului G_1 fără să se admită micșorarea tensiunii pe barele centralei sub limitele admisibile;

— să se stabilească un control permanent al temperaturii statorului generatorului, iar în cazul cînd tempe-

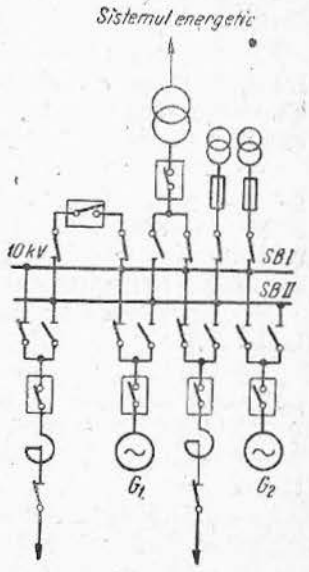


Fig. 27.

ratura creşte peste valoarea admisibilă să se reducă complet sarcina activă a generatorului;

— dacă cu toate măsurile luate nu se reuşeşte să se restabilească alimentarea cu apă a răcitoarelor de gaz ale generatorului şi cu toate că s-a produs descărcarea acestuia de sarcina activă şi reactivă temperatura continuă să crească, generatorul se deconectează de la reţea;

— se intensifică controlul asupra funcţionării transformatorului ce funcţionează cu suprasarcină şi se pun în funcţiune dispozitivele de răcire ale transformatorului;

— cu scopul de a micşora sarcina transformatorului provizoriu pînă la punerea în paralel a generatorului G_2 se opresc motoarele ce nu influenţează procesul tehnologic al centralei şi concomitent se previn abonaţii privitor la posibilitatea declanşării de avarii a unei părţi din linie; se efectuează chiar şi sacrificii;

— se sincronizează şi se conectează la reţea generatorul G_2.

În timpul funcţionării la sarcina totală a generatorului cu puterea de 25 MW apare semnalul „A scăzut presiunea hidrogenului". Operaţiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se verifică cu ajutorul manometrului presiunea gazului din corpul generatorului;

— se verifică presiunea uleiului şi prezenţa scurgerii uleiului din etanşări (presiunea uleiului este normală, există scurgerea uleiului);

— se verifică valoarea presiunii gazului cu manometrul la staţia de gaze;

— introducînd neîntrerupt hidrogen proaspăt în corpul generatorului se urmăreşte presiunea (nu se obţine o creştere a presiunii hidrogenului);

— se micşorează sarcina generatorului în conformitate cu instrucţiunile locale;

— se încetează alimentarea cu hidrogen;

— se evacuează hidrogenul cu bioxid de carbon.

Se realizează schema pentru introducerea în sistemul de gaze a bioxidului de carbon şi pentru evacutarea din

acest sistem a hidrogenului; pentru aceasta este necesar:

— să se decupleze de la sistemul de gaze manometrul diferenţial, gazul analizorului electric, deconectînd de la acesta curentul operativ, şi să se blocheze releul de alimentare automată;

— fără să se mărească presiunea suplimentară să se umple sistemul de gaze cu bioxid de carbon;

— să se analizeze o probă stabilindu-se conţinutul bioxidului de carbon din amestecul de gaze (conţinutul bioxidului de carbon din amestecul de gaze trebuie să fie în acest caz de minimum 96%);

— menţinînd presiunea suplimentară să se execute un suflaj al conductelor de gaze cu bioxid de carbon din sistemul turbogeneratorului;

— să se procedeze la umplerea sistemului de gaze cu aer;

— se stabileşte sarcina generatorului în conformitate cu instrucţiunile de funcţionare a generatorului în cazul răcirii cu aer.

Se iau măsuri pentru detectarea şi înlăturarea defectului din circuitul de răcire cu hidrogen, după care generatorul este trecut din nou la răcirea cu hidrogen. Dacă generatorul nu poate funcţiona cu răcire cu aer grupul trebuie oprit.

În timpul funcţionării la sarcina nominală se produce deconectarea în avarie a turbogeneratorului cu putere de 25 MW avînd răcirea cu hidrogen. Se obţine semnalizarea „A scăzut presiunea hidrogenului" şi generatorul a fost conectat prin protecţie. Operaţiile pe care trebuie să le execute personalul sînt:

— se anulează semnalul acustic;

— se verifică pe panoul protecţiei prin relee al generatroului deconectat care protecţie a dus la deconectarea generatorului (generatorul a fost deconectat datorită protecţiei maximale);

— se verifică cu manometrul presiunea în circuitul de gaze (presiunea normală);

— se sincronizează şi se conectează la reţea turbogeneratorul;

— se anunţă personalul superior.

Trecerea turbogeneratorului pe excitatoarele de rezervă. Experienţa de exploatare a turbogeneratoarelor arată că dacă sistemul de perii şi arborele excitatoarei vibrează, se produc deteriorări în locurile de legătură (lipiturile) ale plăcilor colectoare cu înfăşurarea rotorului între aşa-numiţii pinteni, de exemplu ruperea legăturii în locurile de lipit, scurtcircuit între spire sau ruperea bandajelor de sîrmă.

La hidrogeneratoare nu este necesară excitaţia de rezervă deoarece excitatoarele au o funcţionare suficient de sigură.

Din condiţiile de exploatare ale turbogeneratoarelor, suplimentar pe lîngă circuitele principale de excitaţie ale generatorului, se prevăd şi circuite de excitaţie de rezervă de la o sursă de curent separată.

Schema excitaţiei de rezervă se realizează fie trecîndu-se pe excitatoarea de rezervă fără reducerea tensiunii la generator, fie reducînd tensiunea la generator.

Trecerea generatorului pe excitaţia de rezervă fără deconectarea generatorului de la reţea se realizează prin două metode.

Prima metodă. Se deconectează regulatorul automat al excitaţiei generatorului, se porneşte grupul motor generator al excitaţiei de rezervă, după care la agregatul de rezervă se stabileşte o tensiune mai mare decît la excitatoarea proprie cu aproximativ 10—15%. Apoi se conectează rapid excitatoarea de rezervă şi se deconectează cea în funcţiune.

Această metodă de trecere include respectarea condiţiei privitoare la conectarea maşinilor de curent continuu pentru funcţionarea în paralel cînd o excitatoare este sub sarcină, iar cealaltă merge în gol. În cazul creşterii lente a tensiunii la excitatoarea de rezervă şi reducerii tensiunii la excitatoarea principală, aceasta din urmă se poate frîna, iar cea de rezervă se poate supraîncărca. Prima metodă poate fi folosită pentru generatoarele care permit, cît şi pentru cele care nu permit funcţionarea în regim asincron.

În cazul manevrării cu dispozitive de pornire, de exemplu întreruptoare cu pîrghie, la trecerea de pe excitaţia avariată pe cea de rezervă se observă apariţia arcului electric pe contactele întreruptorului cu pîrghii. În unele cazuri acest fenomen este periculos atît pentru personal, cît şi pentru echipament, iar alte ori este însoţit de micşorarea puterii reactive a generatorului. Arcul electric de pe contactele întreruptorului cu pîrghie al excitatoarei principale a generatorului apare numai cînd raportul dintre tensiunea la excitatoarea principală şi tensiunea la excitatoarea de rezervă este stabilit greşit. Depăşirea recomandată a tensiunii la excitatoarea de rezervă este de 10—15%.

În fiecare caz separat această depăşire poate varia mult, deoarece ea depinde de curentul rotorului şi de lungimea circuitelor de excitaţie ale generatorului.

Dacă această depăşire este corect aleasă la trecerea pe excitaţia de rezervă nu se mai observă formarea arcului electric pe contactele dispozitivelor de pornire ale întreruptoarelor cu pîrghii, ale contactoarelor şi ale altor aparate. De aceea pentru trecerea reuşită a generatorului pe excitaţia de rezervă cu ajutorul primei metode este necesar ca pentru fiecare generator să se efectueze în prealabil calculul generatoruluî în instrucţiunile locale.

Astfel, trecerea generatorului pe excitaţia de rezervă se execută printr-o comutare rapidă, adică prin conectarea excitatoarei de rezervă la funcţionarea în paralel cu excitatoarea principală avînd tensiunea mai mare cu valoarea corespunzătoare, urmată de deconectarea imediată a excitatoarei principale.

La trecerea sarcinii de la excitatoarea principaeă la cea de rezervă au avut loc adesea în practică avarii datorită instabilităţii funcţionării în paralel a excitatoarei principale şi a celei de rezervă. Pentru a evita această situaţie trebuie să se renunţe la metoda trecerii treptate a excitaţiei generatorului de pe excitatoarea principală pe cea de rezervă.

A doua metodă. Trecerea generatorului pe excitaţie de rezervă se realizează introducînd generatorul în re-

gim asincron cu aplicarea ulterioară a excitației de la excitatoarea de rezervă. Această metodă se aplică numai la generatoarele care permit funcționarea unui regim asincron (generatoarele care au rotoarele asamblate dințate sau bandaje de sîrmă, generatoarele cu poli aparenți și generatoarele fără înfășurări de amortizare nu pot funcționa în regim asincron.

Succesiunea de executare a operațiilor de trecere este următoarea:

— excitatoarea de rezervă se excită pînă la o tensiune egală cu tensiunea excitatoarei principale;

— se verifică corespondența polarităților excitatoarei principale și a celei de rezervă;

— se declanșează ADR al generatorului și prin aceasta se desexcită (dispozitivul ADR trebuie să funcționeze, astfel încît, la declanșarea sa, înfășurările rotorului să se conecteze la o rezistență);

— se dconectează excitatoarea principală;

— se pune în funcțiune excitatoarea de rezervă;

— se repune în funcțiune ADR.

Pentru a evita ieșirea generatorului din sincronism și pentru trecerea reușită a acestuia din regim asincron în regim sincron, procesul de declanșare a ADR și a excitatoarei principale cu anclanșarea ulterioară a excitației de rezervă și a ADR trebuie realizat cît mai rapid.

În cazul trecerii generatorului pe excitația de rezervă prin cea de a doua metodă, timpul de funcționare a generatorului în regim asincron se admite pînă la maximum 30 min.

La trecerea excitației generatorului de pe excitatoarea principală pe cea de rezervă, sau invers, trebuie stabilită corespondența polarităților rotoarelor excitatoarelor.

Verificarea corespondenței polarităților excitatoarei principale și a celei de rezervă se face cu ajutorul unei lămpi cu incandescență sau al unui voltmetru magnetoelectric. La verificarea corespondenței polarităților cu o lampă cu incandescență, aceasta trebuie prevăzută pentru tensiunea dublă față de tensiunea de excitație a generatorului. Lampa se leagă la un pol al întrerup-

torului, iar la celălalt pol se conectează o legătură, după cum este reprezentată în fig. 28.

În cazul cînd polaritățile tensiunii corespund, tensiunea la lampă va fi egală cu zero și lampa va rămîne

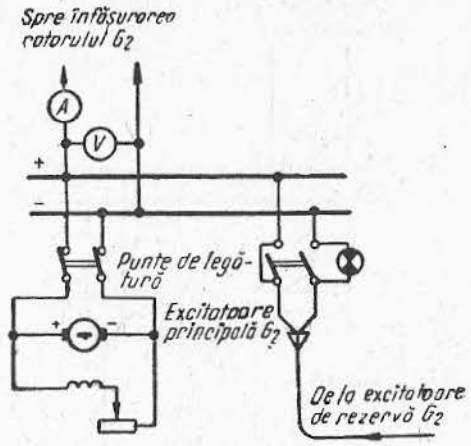


Fig. 28.

stinsă. Dacă tensiunile nu au polarități corespunzătoare la lampă se aplică o tensiune dublă.

Defectarea lămpii poate duce la determinarea greșită a polarității și de aceea înainte și după verificarea polarităților este necesar să ne convingem că lampa este în perfectă stare.

Dacă există disponibil un voltmetru magnetoelectric cu comutator este necesar ca verificarea polarităților să se efectueze prin măsurarea succesivă a tensiunii rotorului excitatoarei principale și al excitatoarei de rezervă, după cum este reprezentat în fig. 29. Indicarea aceleiași tensiuni la ambele rotoare este o dovadă a corespondenței polarităților.

În continuare sînt date exemple concrete de trecerea generatorului pe excitația de rezervă.

Exemplul 1. Generatorul a pierdut excitația.

Pînă la pierderea excitației la generatorul G_1 ambele generatoare (G_1 și G_2) în conformitate cu schema reprezentată în fig. 30, au funcționat la puterea nominală pe care au livrat-o sistemului energetic prin liniile L_1 și L_2

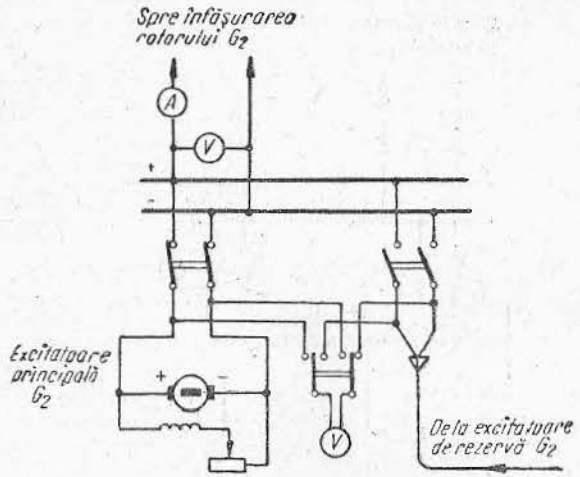


Fig. 29.

de 110 kV. Ambele generatoare cu rotoarele masive, în conformitate cu instrucțiunile existente, pot funcționa fără excitație timp de 30 min. Trebuie avut pentru aceasta și avizul fabricii constructoare.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— pentru a evita scăderea bruscă a vitezei de rotație a motoarelor serviciilor interne care se alimentează de la secția de bare *I*, se anclanșează întreruptorul de 3 kV al transformatorului T_2 de pe partea secției de bare *I* (tensiunile pe sistemele de bare *I* și *II* sînt sincrone) și se declanșează întreruptorul de 3 kV al transformatorului T_1;

— se deconectează AAR și DFE ale generatorului;

— se comunică personalului superior;

— se verifică valoarea tensiunii la barele de 110 kV și pe barele serviciilor interne;

— se micșorează curentul statorului pînă la valoarea nominală;

— se micșorează puterea activă a generatorului;

— se stabilește dacă drept cauză a pierderii excitației generatorului nu a servit deconectarea greșită sau de la sine a ADR; dacă se ajunge la această concluzie

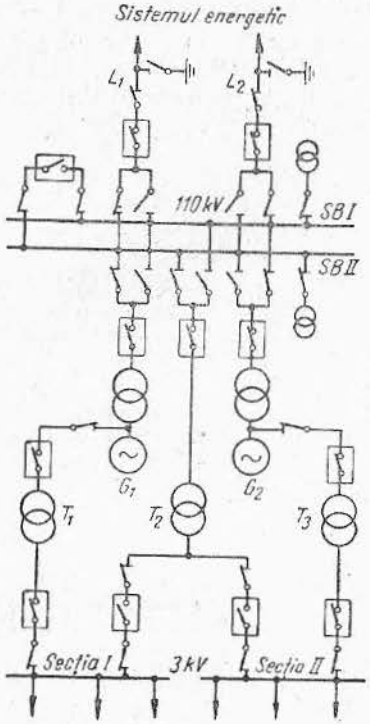


Fig. 30.

se înlătură imediat defectul și se restabilește excitația normală a generatorului;

— dacă la pierderea excitației ADR a rămas conectat, acesta se deconectează și se stabilește cauza pier-

derii excitației. Dacă nu este posibilă restabilirea excitației generatorului de la excitatoarea proprie se trece generatorul pe excitația de rezervă.

Trecerea generatorului pe excitația de rezervă fără deconectarea acestuia de la rețea se execută în următoarea succesiune (fig. 31): se pune în funcțiune grupul motor generator de rezervă și se verifică cu voltmetrul prezența tensiunii pe bare; se stabilește tensiunea necesară cu ajutorul voltmetrului la excitatoarea de rezervă, se deschide întreruptorul cu pîrghie *I* și se aplică tensiunea de excitație cu întreruptorul cu pîrghie *II*.

Dacă în decurs de 30 min din anumite cauze nu se poate restabili excitația generatorului de la sursa proprie sau de la cea de rezervă, pentru a evita supraîncăl-

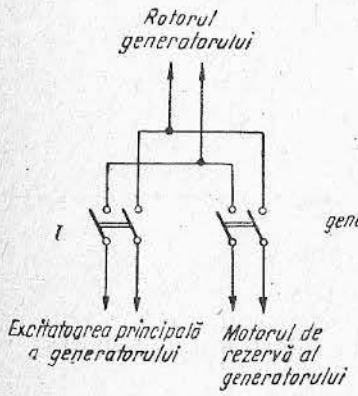


Fig. 31.

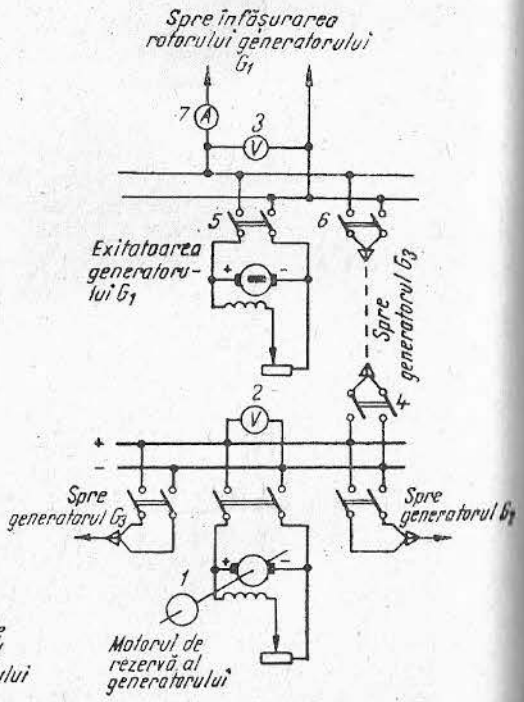


Fig. 32.

zirea rotorului este necesară deconectarea generatorului de la rețea pentru stabilirea cauzelor pierderii excitației.

Exemplul II. Trecerea generatorului în sarcină pe excitația de rezervă. La colectorul excitatoarei generatorului G_1 au apărut scîntei puternice. Construcția generatorului nu permite regimul de funcționare asincron.

După ce s-au verificat indicațiile ampermetrului rotorului, personalul operativ micșorează imediat curentul de excitație prin micșorarea sarcinii active și a celei reactive al generatorului.

Dacă scînteierea neadmisibilă a colectorului continuă, generatorul rămînînd sub sarcină, se trece pe excitația de rezervă, în următoarea succesiune (fig. 32):

— se pune în funcțiune grupul motor generator *1* al excitației de rezervă a generatorului;

— la excitatoarea de rezervă, cu ajutorul voltmetrului *2*, se stabilește o tensiune mai mare ca tensiunea (măsurată cu voltmetrul *3)* a excitatoarei proprii a generatorului cu aproximativ 10—15%;

— se închide întreruptorul cu pîrghie *4* al excitatoarei de rezervă și imediat după aceasta se deschide întreruptorul cu pîrghie *5* al excitatoarei proprii (întreruptorul cu pîrghii *6* este închis);

— cu reostatul de șuntare se stabilește tensiunea de excitație necesară a generatorului.

4. Prevenirea defectelor și avariilor în exploatarea motoarelor

Cauzele principale ale deteriorării motoarelor electrice. La centralele termoelectrice, în instalațiile serviciilor interne este montat un număr mare de motoare a căror putere totală ajunge pînă la 15% din puterea centralei.

Funcționarea normală a mecanismelor și agregatelor serviciilor interne (alimentarea cu combustibil, prepa-

rarea prafului de cărbune, dispozitivele de tiraj și suflaj, pompele de alimentare și de circulație etc.) are o mare importanță pentru asigurarea siguranței de funcționare și a continuității procesului tehnologic al centralei.

Pentru asigurarea funcționării stabile a motoarelor serviciilor interne din centrală este necesar să se ia în considerație dacă acestea sînt utilizate corect (starea mediului ambiant, frecvența pornirilor, a suprasarcinilor, durata și valoarea declanșărilor de tensiune, frecvență etc.) starea de exploatare, prezența defectelor produse la fabricarea motoarelor etc.

Deși la centralele electrice nivelul exploatării motoarelor este cu mult superior celui din întreprinderile industriale, există numeroase cazuri de avarie a motoarelor din cauza personalului operativ și a celui de reparație.

Numeroase cazuri de avarie a înfășurărilor statoarelor motoarelor de înaltă tensiune sînt legate atît de creșterea umidității aerului ambiant, cît și de pătrunderea directă a aburului sau a apei în motor.

În afară de aceasta există cazuri cînd motoarele care nu funcționează, se păstrează în încăperi cu umiditate ridicată, și nu sînt puse în funcțiune periodic pentru evitarea umidizării înfășurărilor.

În practica exploatării există cazuri de defectare a motorului datorită unei reparații necorespunzătoare sau care nu a fost executată la momentul oportun. Cauzele principale de avariere a motoarelor din vina personalului de reparație a centralei (sau a personalului întreprinderilor de reparație ale sistemului energetic) sînt: calitatea inferioară a lipiturilor locurilor de îmbinare a diferitelor secții între ele și cu bornele de ieșire, înclinarea scuturilor sau ale suporților lagărelor și a cuzineților în corpul lagărului, deplasarea rotorului față de stator etc.

Numeroase cazuri de defectare a motoarelor apar, de asemenea, datorită încălcării de către personalul de exploatație a normelor de deservire a lagărelor motoarelor.

Controlul insuficient al ungerii corecte a lagărelor (folosirea uleiului cu impurități, introducerea unei cantități insuficiente sau prea abundente de ulei, scurgerea uleiului etc.), cît și funcționarea îndelungată a motoarelor în condiții de vibrații pronunțate duc în mod inevitabil la defectarea lagărelor, iar uneori la defecte mai serioase.

Una din cauzele principale de defectare prematură a unui număr important de motoare de joasă tensiune o reprezintă funcționarea acestora în două faze.

Întreruperea uneia din faze apare, de obicei, datorită arderii fuzibililor de siguranțe, cît și datorită ruperii conductorului de alimentare sau defectării contactelor și circuitelor aparatelor de comandă. Multe motoare sînt avariate datorită asamblării necorespunzătoare sau fabricării de calitate scăzută la fabrica constructoare, cît și din cauza materialelor de calitate inferioară folosite în fabricație.

Dintre defectele principale care provin din fabricație fac parte: defecte locale la izolația spirelor și ale izolației principale a înfășurării statorului, fixarea insuficientă a părților frontale ale înfășurării statorului, ruperea barelor înfășurării rotorului, uscarea penelor din crestături, ruperea paletelor ventilatorului, centrarea necorespunzătoare și asamblarea incorectă a motorului.

În centrale, înainte de montare, motoarele noi sînt supuse unei examinări interioare atente la care, de regulă, se scot în evidență diferite defecte de fabricație: avarierea izolației părților frontale ale înfășurării statorului, turnarea neglijentă a paletelor ventilatorului rotorului, prezența fisurilor și a găurilor, defectarea penelor de lemn, prezența șpanului metalic și a rămășițelor de lipituri în canalele statorului și în suportul lagărului, înclinarea și necorespondența jocurilor din lagăre etc.

O cauză a avarierii motoarelor o reprezintă uneori încălzirea neadmisibilă a înfășurării. Supraîncălzirea motoarelor în timpul funcționării poate fi provocată nu numai de suprasarcină, ci și de murdărirea înfășurărilor și a canalelor pentru aerul de răcire, cît și de defec-

tările interioare din motor sau de scăderea importantă a tensiunii rețelei etc.

Porniriile și opririle frecvente, legate de regimul de funcționare al unor motoare, cu un timp mare de pornire și tensiunea mărită a rețelei serviciilor interne favorizează, de asemenea, acest fenomen.

Motorul se defectează adesea datorită încălzirii puternice a înfășurării prin curenții de pornire mari la cîteva porniri succesive. Pentru motoarele cu rotorul în scurtcircuit apare acest pericol dacă se realizează temperatura de încălzire a motorului se determină cu mijloace destul de primitive, iar temperatura de încălzire a înfășurării rămîne necunoscută.

Lipsa unor mijloace speciale pentru controlul termic chiar și la motoarele de mare putere împiedică prevenirea la timp a regimului de funcționare periculos al motoarelor.

Trebuie avut în vedere și faptul că datorită păstrării îndelungate, izolația înfășurării motorului (de rezervă) se deteriorează în special cînd motorul este păstrat într-o încăpere cu umiditate ridicată și cu praf, sau într-o încăpere cu aer la temperatură ridicată.

În timpul funcționării motorului trebuie urmărită sarcina acestuia (cu ajutorul ampermetrului), încălzirea lagărelor, iar pentru motoarele de putere mare—temperatura aerului de intrare și de ieșire și încălzirea fierului.

La exploatarea mașinilor de curent continuu trebuie urmărită cu atenție starea colectorului și a periilor. Praful metalic și de cărbune, care se formează datorită eroziunii colectorului și periilor, amestecîndu-se cu uleiul și umezeala din aer, pătrunde pe colector și provoacă scînteierea periilor. De aceea colectorul trebuie suflat periodic cu aer comprimat sau șters cu o cîrpă curată înmuiată în benzină.

La funcționarea mașinilor de curent continuu există situații cînd unele perii se încălzesc mai puternic decît celelalte. Cauza acestei încălziri o reprezintă apăsarea neuniformă a periilor. La reglarea apăsării periilor trebuie obținută o presiune uniformă a periilor pe colector.

Pentru motoarele serviciilor interne ale centralelor se admite o funcționare îndelungată la sarcina nominală cu abaterea tensiunii față de valoarea nominală de —5 și —10%. Creșterea tensiunii cu 10% nu este periculoasă pentru izolație deoarece, aceasta din urmă are o rezervă suficientă de rigiditate dielectrică. Motorul va fi în acest caz în condiții mai ușoare decît în cazul funcționării cu tensiunea coborîtă.

Pe scala ampermetrului se notează cu o linie roșie valoarea curentului ce depășește curentul nominal al motorului cu 5%, valoare ce corespunde puterii totale a motorului avînd în vedere abaterile posibile ale tensiunii în rețeaua serviciilor interne ale centralei.

Acțiunea personalului la apariția defectelor și avariilor la motoare. În cazul apariției unui zgomot anormal, a unui miros de izolație arsă, a fumului, a vibrațiilor intense sau a unei temperaturi deosebit de ridicate la lagăre, motorul trebuie oprit, după ce se conectează motorul de rezervă.

În cazul accidentării personalului de deservire, în cazul defectării mecanismului acționat de motor sau în cazul apariției unui defect evident care poate provoca incendiu sau distrugeri de echipament dacă se mai menține o fracțiune motorul, acesta din urmă trebuie deconectat imediat de la rețea.

În cazul deconectării de avarie a motorului, se conectează imediat manual motorul de rezervă al agregatului. Reconectarea automată a motorului care a fost deconectat se face numai după examinarea acestuia și cu aprobarea personalului operativ superior.

Dacă la deconectarea automată a motorului este imposibilă conectarea motorului de rezervă a mecanismului, pentru a evita micșorarea sarcinii pe centrală se admite executarea unei singure conectări a motorului deconectat.

Reconectarea manuală a motorului deconectat trebuie făcută cu mare atenție pentru a evita producerea unei avarii sau scurtcircuit prin punerea sub tensiune la barele de servicii interne ale unei centrale sau stații a unui motor defect.

Dacă apar indicii evidente de scurtcircuit, de accidente cu oameni sau de defectare a mecanismului acționat, este strict interzisă reconectarea automată a motorului deconectat.

Mai jos sînt prezentate unele din defectele motoarelor întîlnite cel mai frecvent în practică.

Motorul asincron nu funcționează la conectare. Cauze posibile: lipsa tensiunii — trebuie controlate dispozitivele de pornire (întreruptorul cu pîrghie al pornitorului etc.) și siguranțele; avarierea rotorului (dezlipirea barelor și a rotorului scurtcircuitat, acțiunea blocării, întrerupere în reostat, contact slab la perie la rotorul trifazat) conectarea greșită a capetelor fazelor motorului, scurtcircuit în înfășurarea statorului sau sarcina prea mare la pornire, care provoacă arderea siguranțelor sau acțiunea protecției prin relee de declanșare.

La pornire din motor a ieșit fum și scîntei. Motorul trebuie oprit imediat. Cauze posibile: în urma dereglării întrefierului (cu aer) dintre rotor și stator s-a produs frecarea rotorului de stator, sau, din cauza neglijenței personalului de reparație sau exploatare a pătruns în motor un corp străin, sau s-a produs arderea unei bare a rotorului sau a coliviei de veveriță la motoarele scurtcircuitate.

Corpul motorului electric se încălzește puternic (se determină prin pipăire sau cu termometrul). Cauzele posibile: motorul este supraîncărcat, înfășurarea s-a umezit, rezistența izolației a scăzut sub valoarea admisă de norme, ventilația motorului este defectuoasă sau temperatura aerului ambiant este ridicată, înfășurarea statorului este greșit conectată, în loc de stea în triunghi (dacă încălzirea se constată după reparație), scurtcircuit între spirele înfășurării unei faze a statorului, lipsa tensiunii la o fază (în cazul încălzirii îndelungate a înfășurării, izolația poate să se ardă).

Motorul vibrează. Cauze posibile: placa de fundament sau cadrul agregatului nu corespund calculului, rotorul nu a fost corect echilibrat, centrarea între axul motorului și al agregatului este necorespunzătoare, scurtcircuit între spirele bobinelor statorului, lagărul este avariat.

La conectarea motorului arde una sau mai multe siguranțe sau funcționează protecția maximală. Cauze posibile: poziția necorectă a reostatului sau a mecanismului de scurtcircuitare, adică pornirea motorului cu rotorul trifazat s-a produs cu inelele scurtcircuitate sau cu reostatul de pornire scos; dacă cauza o formează poziția greșită a reostatului sau a mecanismului de scurtcircuitare, trebuie adus în poziția corectă sau trebuie mărit curentul de demarare al protecției pînă la valoarea normată, în caz contrar motorul se scoate în reparație pentru verificarea izolației fiecărei faze a cablului care merge la reostat; curentul de demarare al protecției la scurtcircuit este mic; cablul de alimentare este avariat.

În timpul funcționării motorului ampermetrul indică un curent mare și a apărut un zgomot anormal. Cauze posibile: s-a ars siguranța unei faze, scurtcircuitul între spirele unei faze a statorului, suprasarcină mecanică a motorului.

Dacă cauza este reprezentată de o puternică suprasarcină sau de arderea siguranței, trebuie îndepărtată suprasarcina sau înlocuită siguranța care a ars.

Dacă cauza funcționării anormale o reprezintă un defect în înfășurarea motorului sau în circuitul de alimentare este necesar să se pornească în primul rînd agregatul de rezervă și să se oprească cel avariat.

În timpul funcționării motorului apar stropi de ulei care sînt absorbiți în interiorul mașinii. Cauze posibile: uleiul s-a introdus în lagăre peste linia marcată și se produce o scurgere pe arbore, inelul de gresare alimentează o cantitate mare de ulei datorită greutății sale reduse și rotirei mai rapide (inelul trebuie înlocuit cu unul mai greu); are loc o absorbție de ventilație a uleiului pe arbore prin etanșarea nesatisfăcătoare.

Uleiul suplimentar trebuie scurs prin robinetul de control. Dacă nu se reușește înlăturarea defectelor, motorul fiind în funcțiune, cu prima ocazie se scoate motorul în reparație.

În timpul funcționării motorului s-a ars înfășurarea de reținere a demarorului magnetic și motorul s-a oprit.

Trebuie pornit agregatul de rezervă şi scos motorul în reparaţie pentru înlocuirea înfăşurării.

Dacă nu există un motor de rezervă se porneşte manual motorul care s-a oprit; pentru aceasta este necesar să se introducă o garnitură la demarorul magnetic cu condiţia ca demarorul magnetic să servească numai pentru comanda la distanţă a motorului, adică protecţia cablului de alimentare şi a motorului nu se realizează prin elementul termic al pornitorului magnetic ci prin siguranţe.

Datorită avarierii cutiei terminale a cablului motorul s-a oprit (nu există motor de rezervă). Trebuie scos motorul în reparaţie respectînd regulile tehnicii securităţii muncii, apoi se fac legăturile la cablul de rezervă pentru înlocuirea porţiunii avariate. După executarea încercărilor profilactice la cablu, se racordează acesta la motor şi se conectează motorul.

Prevenirea defectelor şi avariilor la lagărele motoarelor. În exploatarea motoarelor, lagărele acestora se defectează datorită reparaţiilor necorespunzătoare sau exploatării greşite.

Detectarea cu întîrziere a defectelor şi neluarea de măsuri corespunzătoare care să preîntîmpine defectele lagărelor duce la avarii. De aceea, pentru funcţionarea fără avarii a motoarelor este necesar un control sistematic al stării lagărului.

Una dintre cauzele principale de defectare a lagărelor o reprezintă frecarea care în anumite condiţii provoacă creşterea încălzirii lagărelor.

La motoare se folosesc: lagăre de alunecare cu ungere inelară sau cu ungere lichidă forţată; rulmenţi cu bile sau cu role, unse cu vaselină.

Defectele şi avariile lagărelor de alunecare. Încălzirea neadmisibil de mare a lagărelor de alunecare apare datorită defectelor cuzinetului, ale fusului arborelui, ale inelului de ungere, ale asamblării maşinii şi ale legăturii cu mecanismul acţionat de motor.

Defectele cuzinetului lagărului:

Înclinarea şi deplasarea axei cuzinetului. Acest defect se produce la asamblarea motorului electric. Rotirea greoaie a rotorului motorului şi oprirea bruscă după deconectarea de la reţea indică prezenţa acestui defect.

Uzarea cuzinetului. Acest defect se observă în exploatare după zgomotul anormal, iar uneori este însoţit de încălzirea lagărului. Cauza principală a acestui defect o reprezintă uzura naturală. Prezenţa acestui defect se stabileşte prin măsurarea jocului cu lera. În cazul cînd cuzinetul nu se înlocuieşte la timp, rotorul se freacă de stator şi motorul se avariază. În acest caz se defectează nu numai înfăşurarea statorului şi rotorului, ci şi oţelul activ.

Şăbăruirea nesatisfăcătoare. Acest defect provoacă deplasarea axei. Prezenţa defectului se determină cu ajutorul lerei sau prin rotirea cuzinetului uns cu unsoare pe fus. În cazul unui întrefier anormal, cuzinetul se roteşte greu sau nu se roteşte de loc.

Cuzinetul cu jocul necorect se încălzeşte în timpul funcţionării motorului. Defectul se înlătură prin şabăruirea cuzinetului pe locurile de frecare, care se observă sub formă de pete strălucitoare.

Se roteşte cuzinetul în corpul lagărului. Cauza acestui defect o formează slăbirea sau forfecarea şurubului de blocare. Defectul provoacă încălzirea lagărului şi topirea cuzinetului.

Topirea cuzinetului. Defectul este însoţit de încălzirea lagărului şi de aceea, la exploatarea motorului încălzirea este observată de personal la timp, iar cuzinetul se înlocuieşte cu unul de rezervă sau se toarnă din nou. În caz contrar lagărul se defectează.

Deteriorarea cuzinetului poate fi o urmare a executării incorecte a canalelor de ungere (crestătura foarte îngustă pentru inelul de gresare, material necorespunzător etc.).

Defectele de asamblare ale maşinii:

Înclinarea scuturilor sau suporţilor lagărelor. Acest defect se manifestă prin încălzirea lagărului. El poate fi observat prin rotirea greoaie sau prin griparea rotorului la încercarea de rotire a acestuia cu mîna; defectul se înlătură prin introducerea unor ştifturi de ghidaj.

Înclinarea cuzinetului în corpul lagărului. Defectul apare drept urmare a neglijenței asamblării motorului de către personalul de reparații.

Absența jocului longitudinal a rotorului în lagăre (2—4mm), necesare pentru compensarea dilatării liniare a rotorului în cazul încălzirii acestuia. Cauza defectului o reprezintă faptul că șurubul de blocare nu a pătruns în cuzinet.

Deplasarea rotorului față de stator. Cauza defectului o formează necoincidența cîmpurilor magnetice ale statorului și rotorului sau asamblarea necorectă a roții de antrenare sau a semicuplei.

Defecte de ungere. Marca uleiului de ungere este necorespunzătoare. Pentru lagărele ce funcționează în diferite condiții de temperatură la diferite sarcini și viteze sînt necesare mărci corespunzătoare ale uleiului de ungere.

Contaminarea uleiului de ungere. Nisipul, praful abraziv și celelalte impurități mecanice îmbîcsesc canalele de ungere din cuzinet și opresc accesul unsorii spre suprafețele de frecare ale lagărului.

Ungerea insuficientă sau prea bogată cu ulei a lagărului etc.

Defectarea transmisiei la mecanismul antrenat:

Centrarea necorectă. O mare cantitate de defecte ale lagărelor se produc datorită centrării incorecte a agregatului. Aceasta determină apariția vibrațiilor întregului agregat și, ca urmare încălzirea peste măsură a lagărelor și defectarea rapidă a cuzineților. Defectul poate fi observat și după bătăile din cupla de transmisie.

La centrarea arborelui motorului acesta, cît și mecanismul antrenat trebuie să se afle pe o linie dreaptă (sub mașină se introduc plăci metalice în locurile de fixare a mașinii pe fundație.

Vibrațiile agregatului pot apărea și datorită diferitelor cauze cu caracter mecanic și electric.

Deplasarea axială a mecanismului antrenat. Defectul apare datorită lipsei jocului necesar între semicuple.

Funcționarea neuniformă a transmisiei la mecanismul antrenat. Cupla rigidă funcționează uniform numai cînd motorul și mecanismul au fundație comună și agregatul este corect centrat.

Cuplele elastice necesită o centrare mai puțin precisă, însă pentru siguranță ele trebuie să păstreze uniformitatea funcționării.

Întinderea prea rigidă a curelei de transmisie. Acest defect provoacă încălzirea lagărelor și o uzură mare a cuzineților.

Distanța mică între roțile de transmisie. Grosimea prea mare a curelei de transmisie, diametrul prea mic al roții de antrenare etc.

Defectele și avariile lagărelor cu rulmenți. Exploatarea rulmenților constă în ungerea la timp și în observarea regulată a funcționării.

Pentru siguranța funcționării lagărelor ungerea trebuie făcută riguros la termenele stabilite (după graficul local).

Ungerea trebuie făcută între bile sau role și inele astfel încît, substanța de ungere să nu se prelingă pe partea laterală a inelelor; aceasta trebuie să umple pînă la aproximativ 2/3 din volum. O ungere prea bogată este dăunătoare și duce la încălzirea lagărelor.

Rulmenții sînt foarte sensibili la murdărie deoarece în acest caz se freacă stratul încălzit de la suprafața bilelor, rolelor și inelelor, apar găuri și lagărele se defectează.

La exploatarea rulmenților trebuie stabilit controlul temperaturii acestora (prin pipăire) și ascultarea zgomotului. În cazul funcționării normale lagărele produc un zgomot uniform, iar temperatura lor nu este prea mare.

În exploatare, rulmenții prezintă următoarele defecte în funcționare: încălzirea lagărelor, zgomot șuierător anormal, bătăi în lagăre, scurgerea substanței de ungere din lagăr.

Personalul de exploatare trebuie să stabilească la timp cauza încălzirii și să ia măsuri pentru înlăturarea acesteia. În caz contrar un mic defect a lagărului poate duce la avarierea motorului pentru un timp îndelungat.

Cauzele creșterii temperaturii lagărelor cu rulmenți sînt: defecte legate de asamblarea incorectă a lagărelor

motorului; defecte de transmisie la mecanismul antrenat; ungere necorespunzătoare; pătrunderea în lagăr a unor obiecte străine; deteriorări mecanice ale lagărelor (găuri, fisuri, ciupituri pe inele, bile şi role, deformarea coliviilor etc.); defectarea labirinţilor de etanşare etc.

În fig. 33, *a* este reprezentat un rulment avariat radial cu un singur rînd, iar în fig. 33, *b-d* — un rulment radial avariat cu role cilindrice scurte.

Pentru stabilirea prezenţei şi tipului defectului trebuie ascultate zgomotele lagărului în funcţiune. Un zgomot şuierător indică de regulă, lipsa substanţei de ungere şi deplasarea bilelor sau a rolelor pe inelele uscate. În cazul cînd substanţa de ungere conţine impurităţi sau cînd s-au produs stricăciuni, lagărele produc un scîrţîit. Bătăile în lagăr indică prezenţa unor ciupituri pe inele, bile, role, sau defectarea bilelor şi a coliviilor rulmentului.

În fig. 34, *a* este reprezentat un rulment radial avariat cu role cilindrice scurte. În fig. 34, *b* este reprezentat un rulment radial cu un singur rînd.

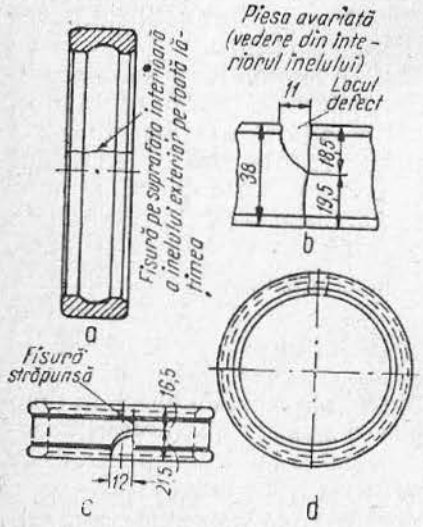


Fig. 33.

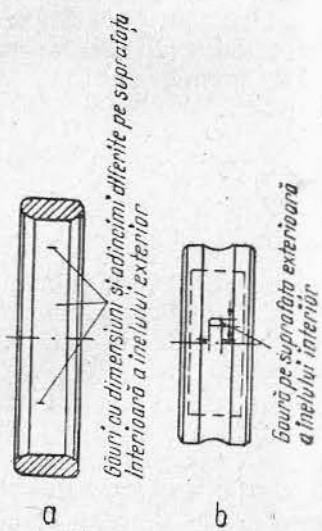


Fig. 34.

La rotirea inelului interior al lagărului pe arbore sau a inelului exterior în corpul lagărului se produce, de asemenea, o bătaie.

Încălzirea anormală a lagărului se înlătură cînd substanţa lichidă care se scurge din lagăr se înlocuieşte cu o substanţă care se topeşte mai greu. În acest caz trebuie avut în vedere faptul că dacă nu există o anumită etanşare între lagăre, flanşe şi arbore, cît şi între lagăre, flanşe şi scuturi, chiar şi la o ungere corectă substanţa de ungere este împinsă afară în condiţii normale de temperatură.

În cazul exploatării lagărelor cu rulmenţi un mare număr de defecte apar datorită pierderii sau surplusului substanţei de ungere a lagărelor. Pierderea unsorii este provocată nu numai de creşterea temperaturii lagărului, ci şi de utilizarea unei substanţe de ungere cu temperatura de topire coborîtă ca vaselina şi solidolul.

Schimbarea uleiului în lagărele de alunecare trebuie să se facă nu mai rar decît o dată la şase luni. La motoarele cu lagăre cu bile sau role adăugarea substanţei de gresare trebuie să se facă, de asemenea, nu mai rar decît o dată la şase luni.

Prevenirea deteriorării înfăşurărilor motoarelor la întreruperea unei faze. În exploatare se întîlnesc cazuri de defectare a motoarelor asincrone trifazate de joasă tensiune datorită avarierii înfăşurărilor cînd motorul funcţionează în două faze.

Din datele statistice, peste 60% din avarii la înfăşurările motoarelor trifazate de joasă tensiune, sînt provocate de funcţionarea acestora în două faze. Dacă se întrerupe una din faze în timpul funcţionării motorului, se micşorează fluxul magnetic al statorului, iar mecanismul antrenat de către motor continuă să absoarbă puterea normală datorită creşterii curentului în celelalte două faze neavariate. Acest fapt duce la încălzirea neadmisibilă a înfăşurărilor motorului.

Trebuie menţionat însă faptul că nu în toate cazurile întreruperea unei faze a motorului în funcţiune provoacă deteriorarea înfăşurării acesteia. Probabilitatea avarierii înfăşurării motorului depinde în acest caz de construcţia

motorului (de multiplul cuplului maxim) și de valoarea sarcinei.

La conectarea în două faze a motorului oprit, acesta nu pornește, deoarece lipsește cîmpul magnetic rotitor al statorului.

Cu toate că cuplul rotitor al motorului este în acest caz egal cu zero, motorul consumă din rețea un curent cu mult mai mare decît valoarea normală a acestuia. De aceea oprirea unui astfel de motor în poziția conectată provoacă în mod inevitabil avarierea înfășurării statorului.

În cazul întreruperii unei faze a cablului care alimentează cîteva motoare, oprirea și pornirea unuia dintre acestea se produce în mod normal. La toate motoarele alimentate de la acest cablu prin celelalte două faze trece un curent de 1,73 ori mai mare decît curentul de funcționare normală. Acest fapt provoacă deteriorarea izolației și defectarea motorului. Întreruperile fazelor pot apărea și datorită vibrațiilor, cît și autodeșurubării diferitelor îmbinări.

În cazul unei exploatări normale pot fi evitate deteriorările motorului cînd se întrerupe una din faze. Pentru aceasta se folosesc următoarele metode de control și protecție a motoarelor:

Alegerea curentului nominal al fuzibilelor trebuie făcută nu după curentul nominal al motorului, ci plecînd de la secțiunea și lungimea cablului de alimentare a motorului luînd în considerație puterea transformatorului de alimentare, factori care determină valoarea curentului de scurtcircuit trifazat la bornele motorului.

Valoarea curentului fuzibilului trebuie să fie în acest caz egală cu 1/25 din valoarea curentului de scurtcircuit trifazat. Pentru astfel de alegere a curentului fuzibilului se exclude avarierea motorului datorită arderii siguranței la una din faze. Toate cele trei fuzibile trebuie să fie identice, adică trebuie utilizate numai siguranțe calibrate.

Cauza cea mai frecventă de ardere a siguranțelor unei faze o reprezintă utilizarea incorectă a siguranței ca protecție de suprasarcină.

Defectarea motorului datorită avarierii înfășurărilor conectate în stea cînd se întrerupe una din faze se produce mult mai rar decît în cazul conectării înfășurărilor în triunghi.

Acest fapt se explică deoarece cînd se conectează înfășurările în stea prin elementele de protecție și prin fazele înfășurărilor trece același curent, iar protecția nu reacționează.

În cazul conectării înfășurărilor statorului în triunghi, la întreruperea unei faze, curentul din înfășurările statorului se distribuie neuniform între faze. Curenții de linie al diferitelor faze vor depăși în acest caz curentul de reglaj al protecției. Încălzirea înfășurărilor duce la defectarea motorului. De aceea este rațional ca în rețelele cu tensiunea de 220 V să se folosească motoare prevăzute pentru tensiunea de 127/220 V la care înfășurările se conectează în stea. Se admite conectarea motoarelor cu tensiunea de 220/380 la rețeaua de 220 V (înfășurările fiind conectate în triunghi) însă acest lucru nu este de dorit.

În rețelele cu neutru legat direct la pămînt, în cazul apariției unei puneri la pămînt, arde siguranța fazei avariate și motorul continuă să funcționeze în două faze (fig. 35). Pentru prevenirea avarierii motorului în aceste rețele se folosesc automate care declanșează toate cele

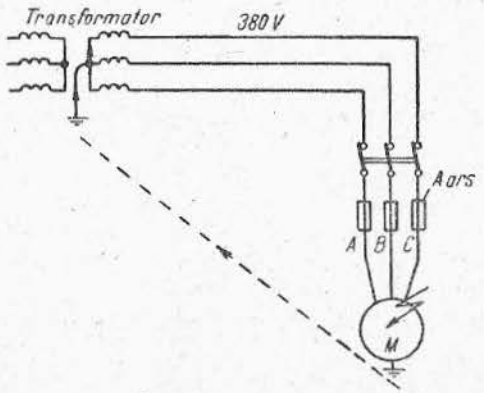


Fig. 35.

trei faze ale motorului în cazul punerii la pămînt a înfășurării statorului. De aceea avariile motoarelor protejate cu automate se întîlnesc rar în practică. Pentru micșorarea probabilității punerii la pămînt a cablului izolația înfășurărilor statorului motoarelor trebuie încercată la tensiune mărită.

Controlul sever al stării contactelor din circuitele aparatelor de comandă se stabilește pentru prevenirea întreruperii fazelor.

În exploatarea motoarelor se folosesc o serie de protecții speciale ale motoarelor, destinate scoaterii în evidență la timp a pierderii unei faze, cît și controlului integrității fuzibilelor siguranțelor. La motoarele sovietice se montează dispozitive speciale de semnalizare a arderii siguranțelor pe fază. Controlul defectului siguranțelor se realizează cu ajutorul a trei relee de tensiune sau a trei lămpi cu incandescență, conectate după schema în stea (fig. 36).

Pentru controlul integrității siguranțelor din circuitul cablului de alimentare a cîtorva motoare (a motorului ventilatoarelor cu răcire artificială cu aer a transformatoarelor) se folosește o semnalizare specială.

Semnalizarea optică se realizează cu ajutorul a trei lămpi cu incandescență, conectate după schema în stea. Cînd este necesară și prezența semnalizării acustice la punctul neutru al lămpilor se mai conectează un releu de tensiune (fig. 37).

În cazul conectării bobinei demarorului magnetic între două faze A și C, după cum este reprezentată în fig. 38, controlul pierderii unei faze se realizează numai pe aceste două faze.

Dacă în timpul funcționării motorului electric se va topi siguranța fazei *B* motorul va continua să funcționeze în cele două faze *A* și *C* pînă se va avaria înfășurarea statorului motorului. Durata de funcționare a motorului în două faze depinde de valoarea sarcinii. Cu cît este mai mare sarcina, cu atît mai repede se va defecta motorul.

În practică se iau măsuri de prevenire a arderii fuzibilului fazei *B*. De exemplu, în rețelele cu neutru izo-

lat faza *B* se conectează fără siguranță, iar în rețelele cu neutru pus la pămînt siguranța acestei faze are curent nominal mare în comparație cu siguranțele instalate pe celelalte două faze. În acest caz însă trebuie avut în vedere multiplul curentului de punere la pămînt.

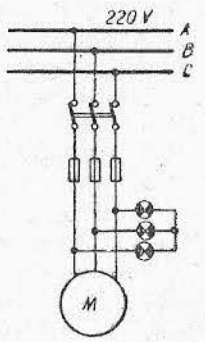


Fig. 36.

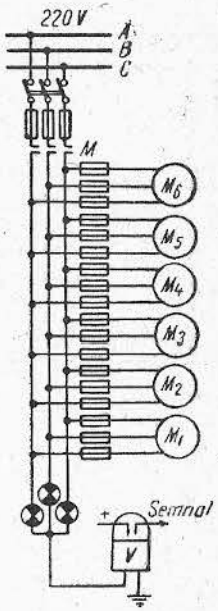


Fig. 37.

Dacă punctul neutru al înfășurării statorului motorului (conectat în stea) este scos afară, pentru protecția funcționării în două faze se folosește schema de control a tensiunii punctului neutru al înfășurării statorului rotorului după cum se reprezintă în fig. 38[1]).

În cazul unui regim trifazat simetric tensiunea punctului neutru este neglijabilă și apare de obicei datorită asimetriei prezente a rețelei și înfășurărilor motorului.

În cazul întreruperii unei faze cînd motorul nu este în stare de funcționare, de exemplu, la punerea în func-

1) Schema este reprezentată în stare de funcționare.

țiune a motorului în două faze, tensiunea punctului neutru va fi egală cu jumătate din tensiunea de fază.

Dacă se întrerupe o fază cînd motorul este în funcțiune tensiunea punctului neutru va fi mai mică decît cînd motorul este în repaus. Valoarea tensiunii în acest caz va depinde de sarcina motorului. De aceea tensiunea de acționare a releului trebuie aleasă ceva mai mare decît tensiunea punctului neutru în regim trifazat normal. De obicei, în practică această valoare se determină experimental.

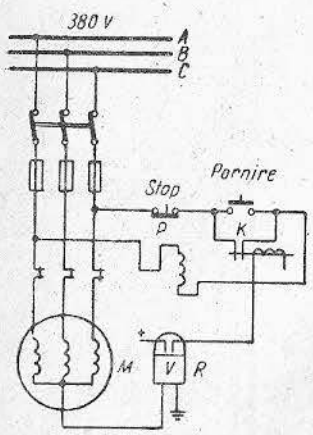


Fig. 38.

Funcționarea protecției motorului cînd acesta rămîne în două faze se produce în modul următor: cînd apare tensiunea la punctul neutru, releele de tensiune R își închid contactele și trimit un impuls de deschidere a circuitului contactului K al demarorului magnetic P, după care motorul se deconectează de la rețea.

Acest mod de protecție a motorului contra funcționării în două faze se poate aplica numai la rețeaua cu neutrul legat la pămînt. În cazul cînd se aplică această schemă de protecție la o rețea cu neutrul izolat, fiecare punere la pămînt din rețea va duce la deconectarea tuturor motoarelor.

Pentru controlul integrității fuzibilelor siguranțelor pe toate cele trei faze ale motorului în circuitul de comandă al demarorului magnetic, în serie cu butonul „stop" se conectează un releu de tensiune (fig. 39).

Înfășurarea demarorului magnetic P se alimentează de la fazele B și C, iar înfășurarea releului cu tensiune V este conectată la tensiunea de fază de 220 V a fazei A.

Dacă se topește unul dintre fuzibilele siguranței fazei B sau C motorul este deconectat automat datorită întreruperii în circuitul de comandă al demarorului magnetic.

Dacă se topește fuzibilul siguranței fazei A încetează alimentarea înfășurării releului de tensiune V; în urma acestui fapt se deschide contactul normal deschis al releului, ceea ce duce, de asemenea, la deconectarea automată a motorului prin demarorul magnetic. În cazul

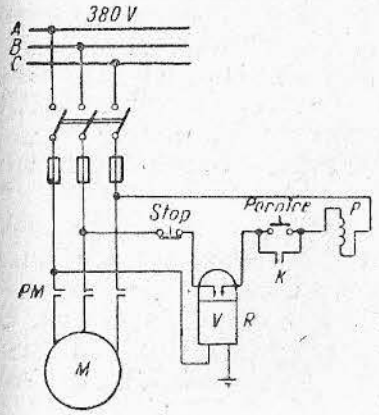


Fig. 39.

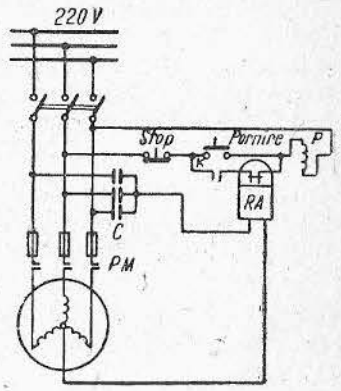


Fig. 40.

cînd se aplică această schemă trebuie avut în vedere faptul că după arderea siguranței fazei A tensiunea punctului neutru al motorului va fi cu mult mai mare decît în regimul trifazat simetric. Această tensiune s-ar putea să fie suficientă pentru menținerea contactului releului în stare închisă.

Tensiunea de acționare a releului trebuie aleasă ceva mai mare decît tensiunea punctului neutru în cazul cînd se pierde una din faze. În caz contrar se defectează datorită funcționării în două faze.

Relee de asimetrie RA se folosesc pentru realizarea unei protecții mai simple și mai sigure a motorului contra funcționării în două faze (fig. 40). Funcționarea protecției se bazează pe acțiunea releului de asimetrie în funcție de valoarea tensiunii de deplasare a punctului neutru al motorului în cazul pierderii unei faze.

Cînd motorul funcţionează normal, tensiunea de deplasare a punctului neutru este practic egală cu zero. În cazul cînd se pierde una din faze, aceasta creşte la valoarea tensiunii de succesiune homopolară.

În mod normal contactul releului de asimetrie conectat în serie în circuitul blocului contactului *K* al demarorului magnetic, este închis. Dacă în punctul neutru al motorului, deci şi pe înfăşurarea releului, apare tensiunea de deplasare, contactul releului de asimetrie se deschide. Aceasta determină întreruperea circuitului de alimentare a înfăşurării demarorului magnetic *P*. Se produce deschiderea contactelor principale ale demarorului magnetic.

În zona de protecţie a motorului, după cum reiese din figură intră siguranţele, cablul şi înfăşurarea motorului. Această schemă se poate utiliza numai pentru motoarele la care înfăşurarea statorului este conectată în stea. Un avantaj al acestei scheme îl reprezintă faptul că sensibilitatea protecţiei nu depinde de sarcina şi de puterea motorului.

Pentru protecţia motorului ale cărui înfăşurări sînt conectate în triunghi, al doilea capăt al înfăşurării releului de asimetrie se conectează la fazele motorului sub siguranţe prin condensatoarele *C*.

Scheme bazate pe principiul fazei se pot folosi pentru protecţia motoarelor contra funcţionării în două faze.

În cazul întreruperii unei faze, curenţii în celelalte două faze (cînd lipseşte conductorul neutru) vor fi decalaţi între ei cu un unghi de 180°. Aceasta dă posibilitatea să se deosebească regimul în două faze faţă de celelalte regimuri nesimetrice prin măsurarea unghiului de decalaj de fază dintre curenţii de linie ai motorului.

Un avantaj al acestei protecţii îl reprezintă faptul că decalajul curenţilor de linie din circuitul motorului nu depinde de puterea motorului şi de modul de conectare a înfăşurărilor acestuia. De aceea una şi aceeaşi protecţie poate fi folosită pentru motoare de diferite puteri fără a necesita o reglare suplimentară.

În practică această protecţie nu a căpătat o utilizare largă datorită complexităţii schemei şi preţului ridicat al aparatelor în raport cu costul motorului protejat.

În cazul întreruperii unei faze în timpul funcţionării motorului, demarorul care nu are înfăşurare, nu va declanşa. După oprirea motorului, însă demarorul nu anclanşează din nou şi prin aceasta se scoate în evidenţă pierderea unei faze. O astfel de protecţie se poate folosi numai pentru motoarele ce funcţionează în regim intermitent.

Alte scheme de protecţie a motoarelor contra funcţionării în două faze, bazate pe variaţia tensiunilor dintre faze sau de fază în cazul întreruperii unei faze, au o siguranţă mai redusă.

Tensiunea pe fază a fazei întrerupte scade pînă la jumătatea valorii nominale numai după oprirea motorului.

Cînd motorul este în stare de rotire această tensiune se menţine datorită acţiunii rezultante a cîmpurilor magnetice ale statorului şi rotorului. De aceea, pentru funcţionarea sigură a motoarelor nu trebuie schimbată tensiunea de atragere şi revenire a înfăşurării demarorului magnetic faţă de valorile prescrise.

5. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea transformatoarelor

Cauzele principale ale deteriorării transformatoarelor. Deteriorările transformatoarelor în comparaţie cu cele ale altor aparate electrice, se întîlnesc mai rar. Lipsa elementelor rotative şi faptul că unele elemente ale transformatorului sînt cufundate în ulei, creează condiţii favorabile pentru funcţionarea acestuia.

În exploatarea transformatoarelor se întîlnesc cazuri de avariere a circuitului magnetic, a înfăşurărilor, bornelor comutatoarelor etc. La circuitele magnetice ale transformatoarelor se constată o slăbire a strîngerii to-

lelor de oțel și o deteriorare a izolației șuruburilor de strîngere.

Apariția unei schimbări a zgomotului și a unei amplificări a vibrației în timpul funcționării transformatorului, indică slăbirea strîngerii tolelor circuitului magnetic. Vibrațiile distrug izolația dintre tole și provoacă încălzirea locală a circuitului magnetic.

În cazul deteriorării izolației șuruburilor de strîngere prin șurub trece un curent mare. Acesta provoacă descompunerea uleiului și pierderea proprietăților electroizolante ale acestuia.

Menținerea tensiunii la înfășurarea primară a transformatorului peste valoarea admisă provoacă, de asemenea, o încălzire a miezului prin creșterea bruscă a curentului de magnetizare și a pierderilor în oțel. Se întîlnesc cazuri de avariere a transformatoarelor datorită supraîncărcării acestora, cît și din cauza acțiunilor greșite ale personalului la lichidarea avariilor.

Lipsa controlului stării bornelor reprezintă, de asemenea, o cauză a deteriorării acestora din cauza umezirii.

Pentru detectarea și înlăturarea la timp a tuturor defectelor posibile este necesar un control sever al funcționării transformatoarelor și executarea la timp a reparațiilor, cî și a probelor profilactice.

Acțiunea personalului la apariția defectelor și avariilor în transformatoare. În cazul examinării transformatoarelor în funcțiune se constată adesea diferite defecte, de exemplu o neglijabilă scurgere de ulei, nivelul coborît al uleiului în vasul de expansiune, murdărirea izolației bornelor etc. care prin caracterul lor pot fi îndepărtate fără deconectarea transformatoarelor sau printr-o deconectare planificată. Uneori apar avarii și fenomene anormale care necesită deconectarea transformatorului.

Dacă în schema electrică a centralei sau stației este prevăzută o rezervă, aceasta trebuie imediat folosită. Deconectarea transformatorului defect pentru reparație este necesară în cazurile cînd se observă:

— un zgomot puternic și anormal, cît și trosnituri în interiorul cuvei transformatorului;

— o încălzire anormală crescîndă a transformatorului în condițiile de răcire normală și la sarcină constantă;

— aruncarea uleiului din vasul de expansiune sau distrugerea diafragmei din țeava de eșapare;

— scurgerea uleiului, care se observă prin scăderea nivelului uleiului față de limitele indicatorului de nivel de sticlă;

— schimbarea pronunțată a culorii uleiului, apariția în ulei a cărbunelui, apei etc.;

— apariția fisurilor pe izolator și a descărcărilor alunecătoare sau a urmelor de conturnare prin arc electric.

Majoritatea avariilor ce se produc în interiorul transformatorului sînt controlate de releul de gaze, care emite mai întîi un semnal de prevenire, iar apoi acționează prin declanșarea întreruptorului. În lipsa releului de gaze (transformatoare cu puterea pînă la 1 000 kVA) prezența defectului se determină cu ajutorul termometrului după încălzirea ridicată a uleiului sau după revărsarea uleiului peste bușonul de siguranță al vasului de expansiune. Uneori după criteriile exterioare este dificil de stabilit în care parte a transformatorului (circuitul magnetic sau înfășurarea) s-a produs defectul.

O cauză a deconectării transformatorului o poate forma, de asemenea, așa-zisa deconectare falsă care se poate produce datorită atingerii conductoarelor la bornele releului de gaze, unde izolația de cauciuc a cablului sub influența uleiului de transformator se deteriorează; scăderii nivelului uleiului în vasul de expansiune datorită scăderii pronunțate a temperaturii aerului ambiant; șocurilor în sistemul de ulei la pornirea pompelor de ulei etc.

Transformatorul deconectat datorită avariilor și scos în reparație trebuie examinat sub toate aspectele. În acest caz se procedează în modul următor:

— se face analiza uleiului de transformator (se determină conținutul de acid, rigiditatea dielectrică, lipsa impurităților mecanice și a particulelor de cărbune în suspensie etc.);

— se măsoară cu megohmmetrul rezistențele izolației înfășurărilor și rezistența înfășurărilor (se verifică lipsa

străpungerilor izolației între înfășurările de înaltă și de joasă tensiune, lipsa străpungerii la masă și a întreruperii înfășurărilor sau a contactelor comutatorului);

— se măsoară rezistența înfășurărilor (se constată contactele slabe la lipirea legăturilor exterioare ale înfășurărilor sau din interiorul înfășurărilor);

— se determină raportul de transformare (se stabilește scurtcircuitul dintre spire sau scurtcircuitarea unei părți din înfășurare);

— se încearcă izolația cu tensiune ridicată (se scot în evidență defectele de izolație);

— se încearcă transformatorul la mers în gol (se scot în evidență următoarele defecte: încălzirea și arderea oțelului transformatorului, contact electric incomplet între spire sau între circuitele pararele ale înfășurării); în cazul constatării defectelor la releul de gaze se va acumula o cantitate de gaz și releul va semnaliza acest lucru; creșterea curentului de mers în gol al transformatorului prin comparație cu datele indicate în protocolul încercărilor precedente indică prezența unui defect în interiorul transformatorului, iar degajarea de gaze confirmă avarierea transformatorului.

Dintre defectele interioare din transformator la care reacționează releul de gaze, fac parte:

— scăderea nivelului uleiului cînd se avariează cuva și radiatoarele (în funcție de mărimea orificiului și de viteza scăderii nivelului de ulei din vasul de expansiune, personalul operativ trebuie să decidă singur problema funcționării în continuare a transformatorului));

— defectarea izolației dintre tolele circuitului magnetic datorită încălzirii îndelungate a tolelor prin curenții turbionari (în acest caz creșterea pierderilor din fier și ridicarea temperaturii uleiului transformatorului duce la îmbătrînirea rapidă a uleiului, la o degajare ușoară de gaz, iar la analiza uleiului se constată precipitarea unei cantități mari de murdărie, întunecarea culorii uleiului, scăderea temperaturii de aprindere);

— avarierea izolației șuruburilor de strîngere (atingerea dintre șuruburi și tolele circuitului magnetic duce la mărirea curenților turbionari pe porțiunea închisă, la

încălzirea șurubului și la descompunerea uleiului; un rezultat al acestui fenomen poate să fie micșorarea temperaturii de aprindere a uleiului și degajarea de gaze care se acumulează în releul de gaze);

— încălzirea fierului transformatorului (apare în urma scurtcircuitului la șuruburi, care, producînd scurtcircuit la tolele circuitului magnetic încălzește, topește și sudează aceste tole în zona de defect; un criteriu al defectului care se dezvoltă îl formează scăderea puternică a temperaturii de aprindere și mirosul specific al uleiului, apariția gazelor în releul de gaze și în funcționarea protecției de gaze; încălzirea circuitului magnetic poate fi determinată, de asemenea, de un corp metalic străin, rămas întîmplător în transformator și care scurtcircuitează cîteva din tolele circuitului magnetic);

— toate tipurile de avarii ale înfășurărilor din transformator, cînd în releul de gaze se acumulează un gaz inflamabil, face ca releul de gaze să lucreze (în acest caz trebuie să funcționeze și protecția diferențială);

— avarierea înfășurărilor datorită distanței insuficiente între acestea, cît și datorită fixării nesigure a acestora (defectul se manifestă de obicei, prin topirea sau arderea unei părți extreme și se constată prin degajarea unui gaz inflamabil în releul de gaze și prin funcționarea acestuia);

— avarierea comutatoarelor și a bornelor datorită unor deficiențe constructive, montajul greșit sau necorespunzător etc.; datorită utilizării unui comutator defect se formează un defect local însoțit de degajarea unei cantități mari de gaz.

Depășirea termenului de executare a primelor reparații capitale cu examinarea miezului după repunerea transformatorului în exploatare provoacă adesea avarierea transformatorului. Cu timpul izolația solidă — din prespan, folosită la transformatoare, se contractă, iar înfășurarea este strînsă rigid. De aceea pentru strîngerea din nou a înfășurării transformatorului trebuie scos în mod obligatoriu în vederea reparațiilor capitale după șase ani de funcționare.

Stabilitatea dinamică insuficientă a înfășurărilor provoacă adesea avarierea transformatorului.

Numeroase șocuri care apar la trecerea unui curent de scurtcircuit exterior, cît și a curenților de pornire ale motoarelor care se pornesc în mod frecvent, favorizează avarierea transformatorului la care înfășurarea este slăbită sau a fost slab asamblată la uzina producătoare.

La deconectarea transformatorului cu întreruperea alimentării consumatorilor se admite o reconectare a acestuia cînd are protecția diferențială și de gaze, dacă deconectarea s-a produs prin una din aceste protecții fără a se constata criterii evidente de avarie și dacă cealaltă protecție nu a funcționat.

În practică există cazuri de autoremediere a scurtcircuitelor, care provoacă deconectarea transformatorului, cum este de exemplu arderea unui corp care a căzut pe linie etc. În asemenea cazuri personalul trebuie să știe că reconectarea transformatorului avariat poate duce la creșterea proporției avariei, la prelungirea termenului și la scumpirea reparațiilor.

În cazul cînd funcționează protecția de gaze prin semnalizare și cînd există un transformator de rezervă este rațională punerea în funcțiune a acestuia din urmă și deconectarea celui în funcțiune în vederea clarificării cauzelor care au dus la funcționarea protecției. Dacă la verificare gazul din releu este incolor și neinflamabil transformatorul poate fi repus în funcțiune. Dacă, însă, gazul arde transformatorul trebuie scos în reparație.

În cazul cînd deconectarea transformatorului nu este posibilă, trebuie examinat acesta, cum și releul de gaze, se verifică nivelul uleiului din vasul de expansiune, se ia proba gazului și se verifică la aprindere.

La transformatoarele cu răcirea cu ulei și aer să fie menținute cu ventilația în funcțiune și cu circulația uleiului independent de sarcină și de temperatura uleiului, deoarece suprafața de răcire (cuve netede fără radiatoare) a acestor transformatoare cu ulei se poate încălzi puternic și la mersul în gol.

Transformatoarele cu răcire cu aer permit funcționarea cu răcirea oprită, dacă temperatura straturilor superioare de ulei nu depășește 55°C, iar sarcina nu depășește 100% din puterea nominală a transformatorului.

Exploatarea transformatoarelor fără semnalizarea funcționării sistemului de răcire nu este admisă. La exploatarea transformatoarelor personalul trebuie să urmărească ca depășirea tensiunii primare la priza dată să nu fie mai mare de 5%. Depășirea tensiunii cu mai mult de 5% provoacă o creștere puternică a pierderilor de mers în gol ale transformatorului și creează pericolul deteriorării izolației.

Temperatura maximă admisă a straturilor superioare de ulei cînd sarcina transformatorului este la valoarea nominală, și temperatura mediului ambiant are valoarea maximă, se indică în instrucțiunile locale unde trebuie să fie indicată atît durata de funcționare a transformatorului, cît și temperaturile admise ale straturilor superioare de ulei în cazul opririi în avarie a funcționării sistemului de răcire.

Transformatoarele de toate puterile cu tensiunea pînă la 400 kV inclusiv, independent de sistemul de răcire, permit o suprasarcină de avarie a cărei valoarea trebuie indicată în instrucțiunile locale.

În cazul funcționării cu suprasarcină a transformatorului prevăzut cu dispozitiv de reglare a tensiunii sub sarcină nu este admisă executarea de comutări de ploturi dacă curentul de sarcină depășește valoarea nominală a comutatorului (cu excepția transformatorului cu reglarea automată a tensiunii).

Conectarea transformatoarelor la rețea se efectuează direct la tensiunea nominală dinspre partea de alimentare care are protecția corespunzătoare. Apariția în acest caz a supratensiunilor (datorită distribuției neuniforme a tensiunii pe înfășurare, cît și proceselor tranzitorii) și eforturile dinamice (datorită șocului curentului de magnetizare) nu sînt periculoase pentru transformator, deoarece izolația înfășurării este prevăzută pentru o supratensiune mai mare, datorită descărcărilor atmosferice, iar stabilitatea înfășurării este calculată pentru un multiplu

mai mare de curent, care are loc la scurtcircuite în afara zonei transformatorului.

În continuare sînt expuse cîteva cazuri de defecte și avarii de transformatoare.

Transformatorul se supraîncarcă. Pe secția *I* a *ID* de 6 kV sînt conectați transformatorul T_1 și generatorul G_1.

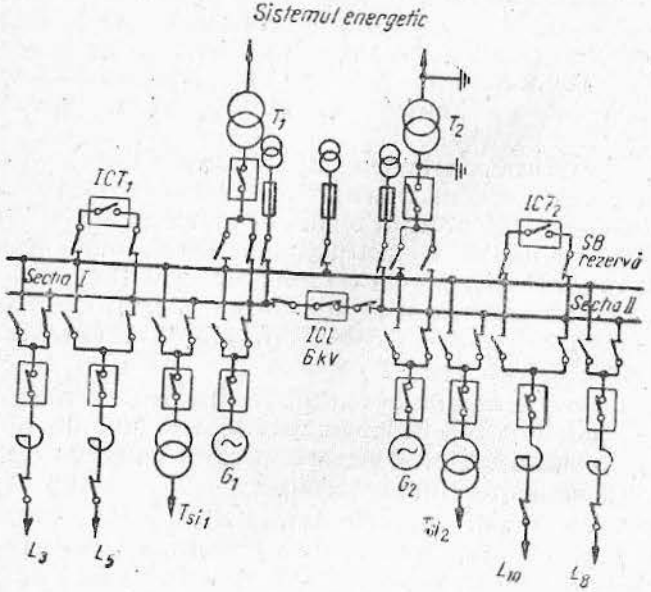


Fig. 41.

Pe secția *II* a *ID* de 6 kV este conectat generatorul G_2; transformatorul T_2 este scos pentru reparații curente. Întreruptorul cuplei longitudinale din *ID* de 6 kV este anclașat (fig. 41).

La sarcina totală a generatoarelor G_1, G_2 și a transformatorului T_1, a fost deconectat generatorul G_1 prin protecție de legare la pămînt. A funcționat semnalizarea acustică care indică declanșarea întrerupătorului generatorului G_1 și supraîncărcarea transformatorului T_1.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se anulează semnalizare acustică și se comunică personalului superior datele privitoare la avarie;

— se iau măsuri imediate pentru scoaterea din reparație a transformatorului T_2;

— se folosesc toate mijloacele pentru răcirea suplimentară a transformatorului T_1;

— se cere la consumatori deconectarea de avarie a liniilor de plecare de la bare.

În acest caz cînd descărcarea liniilor consumatorilor prin transferarea sarcinii acestora celelalte surse de alimentare este imposibilă, iar suprasarcina transformatorului T_1 atinge o valoare neadmisibilă, se impune deconectarea unei părți a liniilor consumatorilor după diagrama de succesiune a deconectărilor în cazul avariilor locale.

După comunicarea referitoare la terminarea lucrărilor și predarea tuturor formalităților de executare a lucrărilor la transformatorul T_2, respectînd toate regulile de exploatare tehnică și de tehnica securității muncii trebuie scos din reparație transformatorul T_2 și conectat pentru funcționarea în paralel. Dacă în urma avariilor s-au executat deconectări ale liniilor consumatorilor, prin înțelegere cu personalul de serviciu al rețelei sau cu consumatorii trebuie executate conectările liniilor deconectate.

Generatorul avariat G_1 se scoate în reparație.

A declanșat automat întreruptorul transformatorului de servicii interne. Barele colectoare de 3 kV din *ID* de servicii interne ale centralei au fost alimentate după schema reprezentată în fig. 42. Transformatorul T_2 se afla în reparații capitale.

Barele secției *II* de 3 kV au rămas fără tensiune datorită avariei; pe pupitrul de comandă au apărut semnale de avarie optice și acustice care indică poziția întreruptorului de 3 kV al transformatorului T_3

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se anulează semnalul sonor de avarie și se comunică personalului superior privitor la cele întîmplate;

— după poziția clapetelor protecției se verifică dacă a lucrat protecția transformatorului T_3 (dacă întreruptorul de 3 kV al transformatorului T_3 a declanșat prin acțiunea protecției maximale de curent);

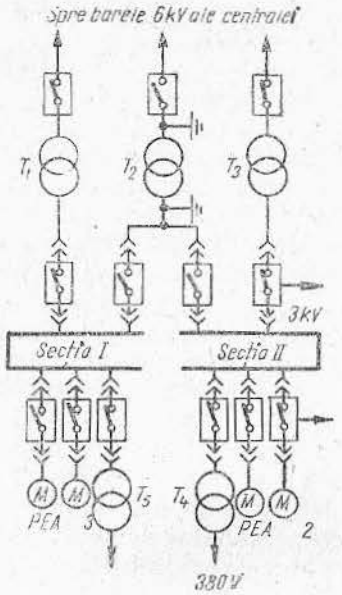


Fig. 42.

— se dă tensiune pe secția *II* prin anclanșarea întreruptorului de 3 kV al transformatorului T_3 (tensiunea la barele secției *II* s-a restabilit la valoarea normală, transformatorul T_3 a preluat sarcina);

— se verifică la care mecanisme ale serviciilor interne au fost deconectate motoarele, care se alimentează de la secția *II* de 3 kV, prin blocări tehnologice, protecția maximală, protecția de minimă tensiune și demaroarele magnetice (la verificare a reieșit că prin protecția maximală a fost deconectat numai motorul pompei electrice de alimentare PEA_2).

În baza acestora, cît și a faptului că barele colectoare ale secției *II* de 3 kV nu au fost avariate, personalul trage concluzia că transformatorul a fost deconectat în urma funcționării neselectative a protecției;

— pompa electrică de alimentare PEA_2 se înlocuiește cu una de rezervă; pompa electrică de alimentare PEA_3 al cărei motor se alimentează de pe secția *II* de 3 kV (sau se pune în funcțiune turbopompa cu abur de rezervă), se restabilește funcționarea și a altor agregate oprite ale serviciilor interne dacă nu au fost înlocuite cu rezervele lor;

— se efectuează examinarea exterioară a plecărilor de pe secția *II* de 3 kV;

— se scoate în reparație motorul pompei electrice de alimentare PEA_2 pentru restabilirea izolației avariate a înfășurării și pentru înlăturarea defectului protecției maximale.

Evident că declanșarea automată a transformatorului T_3 și a motorului pompei electrice de alimentare PEA_2 s-au produs aproape concomitent, cu toate că temporizarea reglată a protecției maximale la motor a fost nulă, iar la transformator, de cîteva secunde.

În practică se întîlnesc mai frecvent cazuri de desensibilizare mai mare a protecției motoarelor decît la transformatoare.

Dacă la verificare protecția motorului pompei electrice de alimentare PEA_2 se constată a fi în stare normală, trebuie luate măsuri de punere urgentă în funcțiune a transformatorului T_2 de rezervă și de deconectare a transformatorului T_3 pentru verificarea stării protecției prin relee a acestuia.

Transformatorul cu trei înfășurări a fost deconectat automat din trei părți. Pînă la deconectarea transformatorului T_2 se aflau în funcțiune liniile aeriene L_1 și L_2, transformatoarele cu trei înfășurări T_1 și T_2 și generatoarele G_1 și G_2 (fig. 43).

Generatorul G_1 a funcționat cu sarcina totală, iar generatorul G_2 — cu o sarcină de 50% din puterea nominală, iar transformatoarele T_1 și T_2 funcționau încărcate cu cîte 75% din puterea nominală.

Pe pupitrul de comandă a apărut semnalul acustic și optic, care indică poziția deconectată a întreruptoa-

relor de 6, şi 110 kV al transformatorului T_2 şi supraîncărcarea transformatorului T_1.

Operaţiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se anulează semnalul acustic şi se comunică personalului superior cele întîmplate;

— după clapetele căzute se verifică care protecţie a produs de conectarea transformatorului T_2 (a căzut clapeta releului de semnalizare a protecţiei diferenţiale a transformatorului T_2);

— se verifică după aparatele de măsurat şi semnalizarea optică dacă funcţionează normal liniile L_1, L_2,

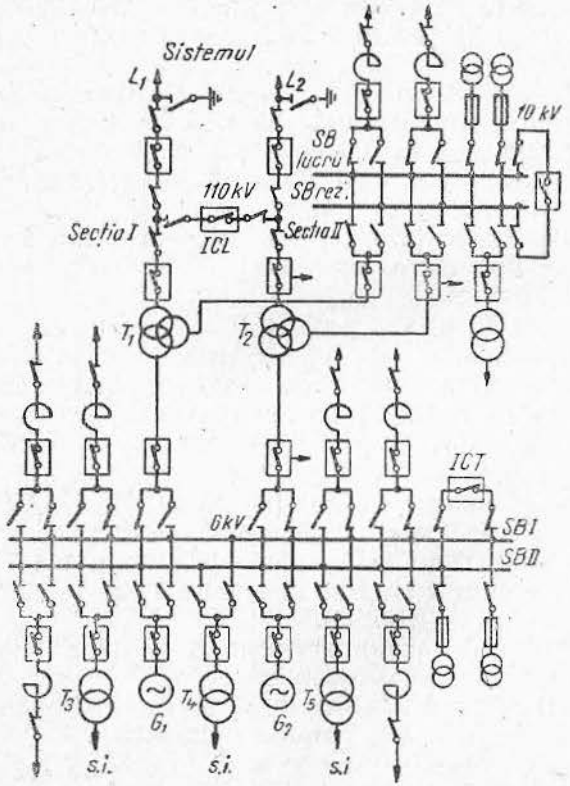


Fig. 43.

transformatorul T_1, generatoarele G_1 şi G_2 şi dacă există tensiune pe barele serviciilor interne şi în *ID* de 6 şi 10 kV;

— se reglează tensiunea pe barele *ID* de 6 kV acţionînd asupra excitaţiei generatoarelor G_1 şi G_2; se verifică tensiunea pe barele *ID* de 10 kV;

— deoarece transformatorul T_1 s-a supraîncărcat pînă la 150% din sarcina nominală, se ridică imediat sarcina la generatorul G_2 pînă la puterea nominală pentru descărcarea transformatorului T_1;

— se pune în funcţiune cea de a doua pompă de ulei pentru răcirea transformatorului T_1 sau se conectează ventilatoarele de suflaj;

— se verifică dacă sarcina transportată prin *ICT* din staţia de 6 kV se află în limitele admisibile.

Numai după stabilirea regimului normal de funcţionare al centralei personalul operativ trece la clarificarea cauzelor deconectării transformatorului T_2. Pentru aceasta este necesar ca:

— să se respecte măsurile de tehnica securităţii muncii, să se deschidă separatoarele de bare ale transformatorului T_2 dinspre ID de 6; 10 şi 110 kV;

— să se examineze starea exterioară a instalaţiei transformatorului T_2, cuprinsă în zona protecţiei diferenţiale, starea bornelor de 6; 10 şi 110 kV ale transformatorului, a cablurilor de legătură şi a cablurilor de putere de 6 şi 10 kV;

— se verifică dacă nu există gaze în releul de gaze, dacă nu miroase a izolaţie arsă şi dacă nu este fum în încăperea transformatorului, iar în cazul cînd se consideră necesar se ia o probă de ulei pentru analiză;

— se măsoară cu megohmmetrul rezistenţa izolaţiei înfăşurărilor de 6, 10 şi 110 kV;

— cînd se constată un defect exterior sau se observă manifestări ale avariilor interioare transformatorul se scoate în reparaţie.

Transformatorul a fost deconectat automat cu excepţia întreruptorului dinspre partea cu tensiunea cea

mai mare. La o stație terminală cu două transformatoare fără întreruptoare pe partea cu tensiunea cea mai mare unde legătura cu sistemul energetic s-a realizat prin derivație, a fost avariată înfășurarea transformatorului T_1 (fig. 44)[1].

În urma avarierii transformatorululi:

— prin protecția prin relee au declanșat întreruptoarele I_2 și I_3 ai transformatoarelor T_1 și T_2;

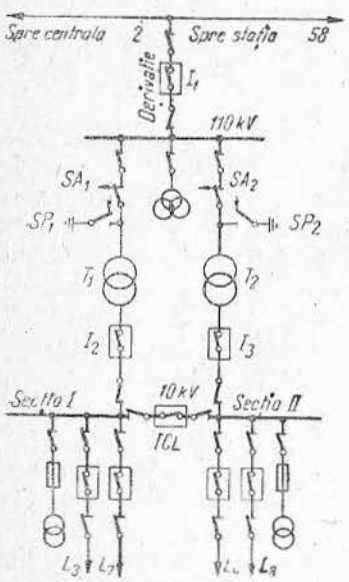


Fig. 44.

— s-au închis separatoarele de legare la pămînt SP_1 al transformatorului T_1;

— după 0,2—0,3 s, datorită protecției prin relee a declanșat întreruptorul I_1;

— în timpul pauzei fără curent se deschide separatorul automat SA_1 al transformatorului avariat T_1;

— prin RAR anclanșează întreruptoarele derivației I_1 și I_3 ale transformatorului neavariat T_2.

Astfel transformatorul avariat T_1 se separă de restul circuitelor sănătoase și alimentarea consumatorilor pe partea de 10 kV continuă prin transformatorul T_2.

Semnalizează protecția de gaze a transformatorului. Barele colectoare din *ID* de 6 kV ale stației se alimentează provizoriu (fig. 45). Transformatorul T de alimentare este legat de sistemul energetic prin rețeaua 35 kV, transformatorul serviciilor interne ale stației T_{si} și liniile consumatorilor sînt conectate pe sistemul de bare *I* din *ID* de 6 kV, iar sistemul *II* de bare se află în rezervă.

La sarcina nominală a transformatorului T, pe pupitrul de comandă al stației a apărut semnalul acustic care indică funcționarea releului de gaze al transformatorului pe semnalizare.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

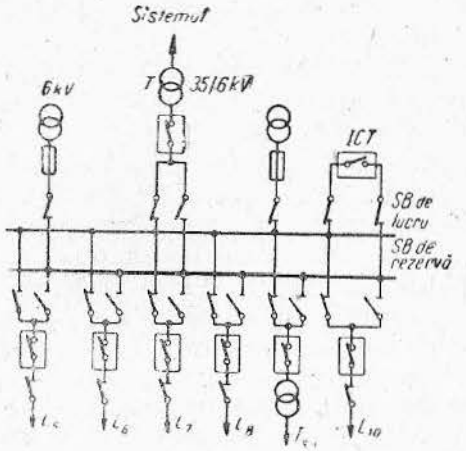


Fig. 45.

— nu se deconectează transformatorul; se comunică personalului superior operativ cele întîmplate, după care se examinează imediat transformatorul cu scopul de a stabili dacă nu se produce scurgerea uleiului din cuvă și dacă nivelul uleiului este normal în vasul de expansiune;

— se examinează releul de gaze, se ia o probă de gaz care se verifică la aprindere;

— dacă reiese că gazul nu arde, iar funcționarea releului de gaze la semnalizare a fost determinată de degajarea aerului remanent, trebuie evacuată cantitatea de aer acumulată în releu și circuitul de deconectare al protecției de gaze se trece la semnalizare; reconectarea protecției de gaze pentru deconectarea transfor-

1) Scheme ca cea din fig. 44 în sistemul R.S.R. nu se întîlnesc; de asemenea, nici separatoare de legare la pămînt provocînd scurtcircuite.

matorului trebuie executată după 24 h de la încetarea degajării aerului;

— dacă se constată că acțiunea releului de gaze a fost determinată nu de aer, ci de un gaz combustibil, trebuie luate măsuri urgente de deconectare a transformatorului pentru efectuarea încercărilor și măsurărilor care să pună în evidență defectul; înaintea deconectării transformatorului vor fi prevenite toate persoanele interesate referitor la declanșarea ce urmează să aibă loc în *ID* de 6 kV;

— se cere de la consumatori să ia măsuri urgente de transferarea alimentării agregatelor pe liniile de rezervă (dacă acestea există);

— se iau măsuri de asigurare a alimentării serviciilor interne ale stației, cît și a consumatorilor deosebit de importanți (dacă acest lucru este necesar); de exemplu pentru asigurarea alimentării serviciilor interne ale centralei și a liniilor consumatorilor deosebit de importanți, după deconectarea transformatorului, prin înțelegere cu dispecerul de serviciu al rețelelor (dacă rețeaua permite se poate utiliza una din liniile conectate la barele *ID* de 6 kV a stației); configurația temporară a *ID* de 6 kV a stației va fi în acest caz următoarea: transformatorul *T* este scos în reparație; întreruptoarele și separatoarele tuturor liniilor consumatorilor sînt deschise cu excepția liniei care rămîne pentru alimentare și a liniilor deosebit de importante ,care se alimentează de la rețeaua de 6 kV prin barele colectoare ale stației și transformatorul serviciilor interne; în acest caz trebuie stabilit un control sever al sarcinii liniei de alimentare pentru ca aceasta să nu depășească valoarea admisă; protecția prin relee a liniei de alimentare trebuie să corespundă configurației provizorii;

— dacă rezultatul măsurărilor și probelor indică prezența unei avarii interioare ale transformatorului *T*, acesta este scos în reparație pentru înlăturarea defectelor; în acest caz se iau măsuri de înlocuire a tranformatorului avariat cu unul mobil de rezervă.

6. Prevenirea defectelor și avariilor în exploatarea îmbinărilor de contacte

Considerații generale. La circuitele conductoare de curent ale instalațiilor electrice, îmbinările de contact constituie cel mai slab loc, lucru ce duce la rezultate foarte grave.

La liniile aeriene, la construcțiile barelor, transformatoarelor, a aparatelor electrice și la mașini există o cantitate mare de diferite contacte electrice deschise și acoperite.

Îmbinările de contact folosite în circuitele electrice se împart în trei grupe:

— *nedemontabile* (conectarea conductoarelor, barelor și cablurilor între ele, cutiile terminale ale conductoarelor și cablurilor executate prin sudură, lipiturile sau legăturile presate);

— *demontabile* (prin șuruburi, care permit asamblarea și demontarea legăturilor de contact pentru control și reparație);

— *mobile* (contactele întreruptoarelor, separatoarelor, separatoarelor speciale, cuțitelor de legare la pămînt și ale siguranțelor; aceste îmbinări de contact în procesul de exploatare se pot închide și deschide).

În afară de aceasta, contactele se deosebesc, deoarece funcționează în instalații de distribuții deschise și acoperite.

Din punct de vedere constructiv îmbinările de contact pot fi sudate, presate, strînse, cu șurub, de trecere de la cupru la aluminiu etc.

În practică contactele sudate, presate, strînse și lipite funcționează mai sigur. Mai puțin sigure în exploatare sînt contactele cu tijă, cu pană, mobile, glisante, din alamă, contactele de trecere cupru-aluminiu, contactele cu un singur șurub și contactele ce funcționează în ID deschise.

Siguranța în funcționare a echipamentului electric și a instalațiilor electrice depinde într-o mare măsură de starea și calitatea reparațiilor contactelor.

Îmbinările de contact în procesul de exploatare sînt supuse oxidării, arderii, slăbirii etc. Acestea determină creşterea rezistenţei de trecere a contactului, încălzirii acestuia şi avarierea sa.

Cauzele principale ale defectelor contactelor constau în folosirea unei prinderi necorespunzătoare, prelucrarea insuficientă a suprafeţelor de contact, neprotejarea suprafeţelor de contact contra coroziunii, folosirea contactelor nestandardizate de execuţie necorespunzătoare etc.

Starea îmbinării de contact depinde de rezistenţa electrică a acestuia. Se ştie că suprafaţa de atingere a contactelor nu depinde de dimensiunile acestora, ci este determinată de forţa de apăsare a contactelor şi de rezistenţa la strivire a metalului.

În cazul încălzirii contactului creşte, de asemenea, rezistenţa de trecere, deoarece acest fenomen este însoţit de creşterea rezistivităţii metalului.

În timpul funcţionării suprafeţei diferitelor contacte metalice se oxidează datorită oxigenului din aer. Pelicula de oxizi metalici care se formează are o rezistenţă electrică mare.

Rezistenţele de trecere ale contactelor oxidate cresc mult cînd temperatura depăşeşte 70—75°C. În acest caz procesul de oxidare se accelerează.

Elementele conductoare de curent principale ale aparatelor electrice se confecţionează din cupru, barele *ID* şi derivaţiile acestora, de regulă, se confecţionează din aluminiu. Deci în instalaţiile electrice se află în exploatare o cantitate mare de îmbinări de contact de trecere. Dacă umezeala pătrunde pe suprafeţele de contact din metale diferite se formează un cuplu galvanic, care este o sursă de curent de la cupru la aluminiu. Acest curent provoacă corodarea îmbinării şi măreşte rezistenţa de trecere a acesteia. În afară de aceasta, oxigenul din aer oxidează suprafaţa cuprului şi aluminiului care, de asemenea, favorizează creşterea rezistenţei de trecere.

Pentru prevenirea avariilor, din această cauză, a suprafeţelor îmbinărilor de contact, în special a celor confecţionate din metale diferite, trebuie protejate contra pătrunderii oxigenului şi umezelii din aer. De aceea,

în timpul reparaţiei suprafeţei de contact se curăţă cu o perie metalică pînă la strălucire, după care pe acestea se aplică un strat de unsoare de protecţie.

Detectarea la timp a contactelor care s-au încălzit la separatoare, la legăturile barelor, la automate, întreruptoare etc. preîntîmpină apariţia avariei.

Necesitatea supravegherii permanente a contactelor este dictată, de exemplu, la îmbinările cu şurub de rezistenţa de trecere variabilă.

Îmbinările prin sudură nu se oxidează în exploatare şi de aceea nu necesită o supraveghere permanentă; ele au o funcţionare foarte sigură.

Referitor la îmbinările cu şurub, rezistenţa de trecere a acestora creşte în timp, determinînd prin aceasta supraîncălzirea contactelor. Acest fenomen se explică prin faptul că în procesul de exploatare scade presiunea pe contact datorită modificării strîngerii şuruburilor, determinate de dilatarea diferită la încălzire a elementelor de aluminiu sau cupru, cît şi a şuruburilor de oţel.

Siguranţa scăzută a îmbinărilor cu şuruburi, în special a celor cu un singur şurub (la curenţii de 200 A şi mai mult bornele plate trebuie să aibă minimum două şuruburi) solicită din partea personalului de exploatare o permanentă supraveghere a funcţionării acestora.

Absenţa supravegherii corespunzătoare a îmbinărilor de contact cu siguranţa de funcţionare scăzută duce la avarii de mari proporţii în instalaţiile electrice.

Îmbinările de contact din ID deschise funcţionează în condiţii mai dificile de temperatură şi de condiţii atmosferice decît contactele din ID acoperite. De aceea contactele elementelor din ID deschise trebuie supravegheate cu mai multă atenţie.

Este necesară o supraveghere riguroasă a stării contactelor separatoarelor cu care se execută închiderea şi deschiderea curenţilor de magnetizare ai transformatoarelor.

Închiderea şi deschiderea prin separatoare a transformatoarelor fără sarcină în momentul închiderii sau deschiderii contactelor formează un arc datorită curentului de magnetizare. Acest fapt provoacă topirea şi

arderea suprafeţelor de contact ale separatorului. Cu toate că deteriorarea care are loc în acest caz nu este mare, lipsa controlului corespunzător al contactelor poate duce la urmări grave.

Trebuie menţionat că praful şi murdăria, pătrunzînd pe suprafeţele de contact favorizează încălzirea acestora în urma îngreuierii condiţiilor de răcire. De aceea suprafeţele îmbinărilor de contact trebuie întreţinute pe cît posibil mai curate. Trebuie urmărită starea carcaselor de protecţie în care se află aparatele electrice în special în încăperile cu praf.

În exploatarea îmbinărilor de contact ale instalaţiilor electrice personalul trebuie să acorde o atenţie deosebită stării contactelor, cînd prin acestea trece curentul de sarcină pentru prima oară după montare sau reparare. Această supraveghere a contactelor trebuie intensificată pe măsura creşterii curentului de sarcină.

În practică adesea au avut loc cazuri cînd contacte în aparenţă corespunzătoare la curenţi de sarcină mici, se încălzeau puternic o dată cu creşterea curentului. O dată cu creşterea curentului se urcă temperatura contactelor, iar aceasta duce la mărirea rezistenţei şi a încălzirii acestora ceea ce apare mai pronunţat cînd starea contactelor este necorespunzătoare.

Contactele a căror suprafaţă este acoperită cu argint au o funcţionare mai bună. Acoperirea cu argint protejează suprafeţele de contact contra oxidării, deoarece argintul se oxidează foarte lent în aer, iar pelicula de argint este bună conducătoare.

Capacitatea de trecere la curent a contactelor argintate creşte cu 20—30%. La exploatarea instalaţiilor electrice controlul încălzirii îmbinărilor de contact trebuie efectuat independent de valoarea curentului de sarcină din circuit. În cazul sarcinilor apropiate de valorile nominale şi la suprasarcini temporare supravegherea încălzirii contactelor trebuie să fie mai frecventă.

Temperaturile maxime admise la încălzirea şi supraîncălzirea contactelor elementelor conductoare de curent din echipamentul electric sînt date în tabelul 1.

Tabelul 1

Tipul contactelor	Temperatura maximă admisibilă, °C	
	de încălzire	de supraîncălzire
Îmbinări de contact din cupru, aluminiu şi aliajele lor, prin strîngere cu ajutorul şuruburilor, buloanelor, niturilor şi altor elemente, care asigură o îmbinare rigidă	80	45
Idem, cu strîngere, realizată cu arcuri	75	40
Contacte prin perii, pene şi contacte cap la cap	70	35
Contacte a căror suprafaţă este acoperită cu argint	85	50
Contacte din argint sau cu plăci de argint aplicate	100	65
Contacte realizate prin sudură	120	85
Contacte metaloceramice, sudate sau lipite cu aliaj de argint	120	
Contactele siguranţelor	130	
Contacte alunecătoare şi cap la cap, contacte masive din cupru şi aliajele sale	100	65

Controlul îmbinărilor de contact. Controlul stării îmbinărilor de contact se efectuează prin examinarea exterioară, cu ajutorul termoindicatoarelor din ceară, al termometrului electric, al indicatorului termic, cît şi prin măsurarea rezistenţei de trecere sau a căderii de tensiune pe contact.

Examinarea exterioară duce la punerea în evidenţă a încălzirilor pronunţate ale îmbinărilor de contact după întunecarea culorii, în ID deschise cu ajutorul indicatoarelor termice cu aliaje uşor fuzibile sau prin evaporarea umezelii de pe suprafaţa contactului în caz de ploaie; de asemenea, cînd zăpada lipseşte numai pe locul contactului.

Locurile de încălzire se detectează în întuneric după scînteiere sau după lumina specifică. Slăbirea îmbinărilor de contact poate fi observată uneori după sunetul vibraţiilor provocate de acestea. Pentru a stabili care presă vibrează se ating cu capătul tijei izolante, pe rînd, diferite piese aşezate în apropierea locului de unde provine zgomotul. La atingerea piesei cu strîngerea slăbită zgomotul încetează.

Indicatoarele termice peliculare, care se lipesc pe bare lîngă contacte, stabilesc creşterea încălzirii după modificarea culorii termopeliculei. Culoarea indicatorului termopelicular roşu cînd temperatura contactului creşte devine vişinie, la temperatura de 50—60°C vişiniu închis, la 80°C cafeniu închis, iar la 90°C neagră.

Prin aplicarea pe suprafaţa contactului a unui termoindicator din ceară, fixat la capătul unei tije izolatoare, prevăzute pentru tensiunea dată a instalaţiei, se determină încălzirea contactelor. Trusa de indicatoare din ceară se construieşte pentru următoarele temperaturi de topire: lumînarea *1*—50—55°C, lumînarea *2*—70—80°C, lumînarea *3*—90—100°C, lumînarea *4*—120—130°C, lumînarea *5*—150—160°C.

Termometrul electric măsoară încălzirea îmbinărilor de contact ale elementelor conductoare din *ID*. Limitele de măsurare cu termometrul electric sînt de la 0—150°C. Cu acest termometru pot fi măsurate şi temperaturile suprafeţelor exterioare ale echipamentului.

Funcţionarea termometrului electric se bazează pe principiul măsurării temperaturii cu ajutorul unei termorezistenţe. Măsurarea temperaturii contactelor se face prin atingerea capătului traductorului de suprafaţa contactului şi prin apăsarea tijei pe capătul termometrului electric. În acest caz, pentru măsurarea temperaturii de încălzire, suprafaţa traductorului trebuie să se aşeze

Fig. 46.

complet pe planul contactului a cărui temperatură se măsoară. Acul indicator al aparatului de măsurat indică temperatura de încălzire a contactului în grade.

În fig. 46 este reprezentată construcţia termometrului electric pentru măsurarea temperaturii de încălzire în

ID pînă la 10 kV. În fig. 47 este reprezentată construcţia termometrului electric din *ID* cu tensiunea mai mare de 35 kV; acesta se înşurubează pe tija izolatoare prevăzută pentru tensiunea corespunzătoare.

Pentru controlul permanent al încălzirii contactelor din *ID* (în special la cele deschise), cînd aceste contacte sînt greu accesibile sau chiar inaccesibile pentru măsurarea cu ajutorul tijei, în ultimul timp se utilizează pe scară largă indicatoarele de încălzire a contactelor ce se utilizează o singură dată. Constructiv aceste indicatoare de încălzire constau din două părţi care se deplasează una faţă de cealaltă şi care se lipesc între ele cu un aliaj uşor fuzibil.

Temperatura de topire a acestui aliaj se alege (aproximativ 95—160°C) avînd în vedere încălzirea admisibilă a contactului atît în regim normal de funcţionare, cît şi în cazul curenţilor de scurtcircuit.

În practică, se folosesc diferite tipuri de indicatoare de încălzire. În fig. 48 este reprezentată prinderea indicatorului de încălzire a contactelor cu o singură acţiune din aliaj uşor fuzibil sub şurubul de prindere.

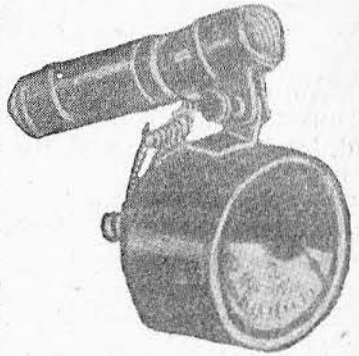


Fig. 47.

Două bucăţi de sîrmă de cupru avînd diametrul de 1,5—2 mm se lipesc între ele cu un aliaj uşor fuzibil. Unul din capetele indicatorului se strînge cu şurubul îmbinării de contact, celălalt se formează ca un inel.

La încălzirea contactelor peste temperatura admisă aliajul se topeşte şi capătul

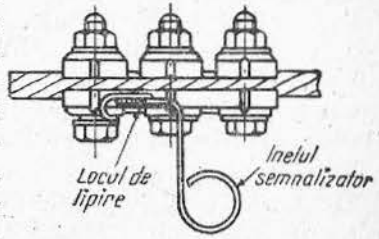


Fig. 48.

liber (inelul) sub acțiunea greutății proprii cade semnalizînd prin aceasta încălzirea anormală.

În fig. 49, *a* este reprezentat indicatorul de încălzire cu steguleț. Acest indicator de încălzire este compus dintr-un arc cu o singură spiră de sîrmă de oțel avînd

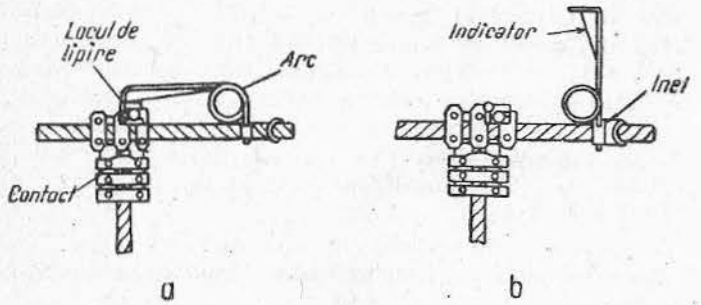


Fig. 49.

diametrul de 1,5—2 mm; un capăt se fixează printr-o prindere specială pe conductor în apropierea contactului, iar celălalt capăt al arcului îndoit sub un unghi drept se fixează pe contact cu ajutorul unui jug cu locaș special și se menține în acesta prin lipire cu un aliaj ușor fuzibil. La cel de-al doilea capăt al arcului există un steguleț triunghiular din oțel acoperit cu email roșu.

După anclanșarea întreruptorului cuplei longitudinale s-a deconectat și s-a scos în reparație transformatorul T_1.

La montarea întreruptorului cuplei nu au fost fixate cu piulițe barele la tija transformatorului de curent *TC*. După trecerea sarcinii de pe secția *I* din *ID* prin întreruptorul cuplei longitudinale, contactul defect a provocat conturnarea aparatelor celulei întreruptorului cuplei.

La încălzirea contactului, aliajul de lipit se înmoaie și eliberează capătul arcului, care împreună cu steguleț trece în poziție verticală (fig. 49, *b*).

În practică se folosesc o serie de alte tipuri de indicatoare de încălzire. Îmbinările de contact trebuie reparate în cazul cînd temperatura lor depășește valoarea maximă admisibilă sau dacă rezistența lor de trecere

depășește de două ori rezistența porțiunii întregi a barelor de aceeași lungime.

În continuare sînt indicate unele exemple caracteristice de avarii din instalațiile electrice, provocate de starea necorespunzătoare a îmbinărilor de contact.

Conturnarea îmbinării de contact a transformatorului de curent. În stație s-a dat în exploatare o nouă instalație de distribuție de 10 kV. După schema normală a stației, pe secția *I* se află conectat transformatorul T_1, iar pe secția *II* transformatorul T_2. Întreruptorul cuplei longitudinale *ICL* este deschis și anclanșat la dispozitivul AAR (fig. 50). Pentru remedierea defectului a fost necesară deconectarea transformatorului T_1.

În urma avarierii puternice a aparatelor întreruptorului cuplei și după repararea transformatorului T_1, *ID* de 10 kV a stat un timp îndelungat fără tensiune.

Cauza principală a avariei de proporție, cu deteriorarea echipamentului stației, a reprezentat-o îmbinarea

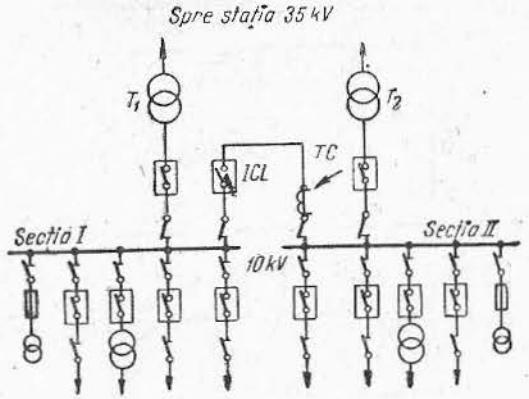


Fig. 50.

de contact nesatisfăcătoare, realizată de personalul organizației de montaj.

Datorită neglijenței personalului stației nu au fost observate însă contactele slabe dintre barele conductoare de curent ale transformatorului de curent de la între-

ruptorul cuplei atît la recepționarea echipamentului stației după montare, cît și înaintea aplicării tensiunii.

În afară de aceasta, personalul operativ al stației nu a verificat la timp funcționarea echipamentului noii instalații de distribuție sub sarcină, adică nu a acordat atenție faptului ca în primul rînd să fie pus sub sarcină întreruptorul cuplei longitudinale.

Conturnarea îmbinării de contact a separatorului. Blocurile generator-transformator *1* și *2* ale centralei au funcționat cu sarcină totală (fig. 51).

Sistemul energetic căruia i se livra putere din centrală prin liniile aeriene de 220 kV a lucrat cu frecvență scăzută datorită puterii active insuficiente.

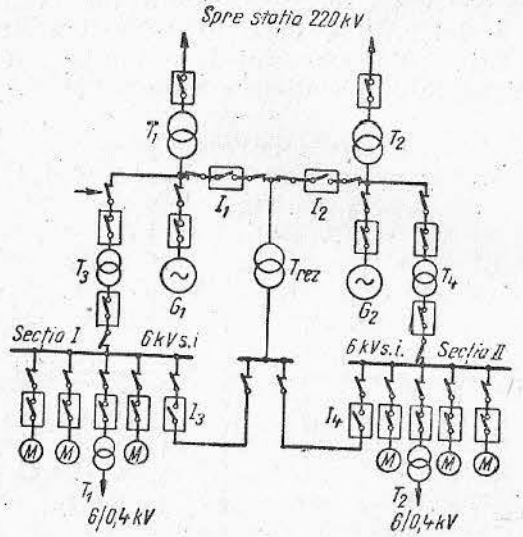


Fig. 51.

În timpul reparației plecărilor blocului generator-transformator *1* și a serviciilor interne ale acestuia, verificarea stării și a reparației separatoarelor transformatorului serviciilor interne T_3 a fost încredințată unor lucrători fără experiență.

La executarea acestei lucrări nu au fost suficient de bine strînse îmbinările de contact ale separatoarelor de 10 kV ale transformatorului serviciilor interne T_3. Aceasta a dus, după cîteva zile de funcționare, la o încălzire puternică și la conturnarea contactelor separatorului, în urma căreia a fost deconectat prin protecție, automat, blocul generator-transformator *1*. Maistrul nu a exercitat un control corespunzător și nu a verificat calitatea lucrărilor de reparație, la o plecare de mare răspundere, executate de lucrătorii cu experiență redusă.

Deoarece în acest interval de timp sistemul energetic a funcționat cu frecvența scăzută, deconectarea de avarie a blocului generator-transformator *1* a provocat deconectarea unei părți a liniilor de plecare prin dispozitivul de descărcare automată a sarcinii la minimă frecvență. Conectarea rigidă a plecării de 10 kV a transformatorului serviciilor interne T_3 la barele tensiunii generatorului blocului *1* nu a permis însă lichidarea rapidă a avariei importante nu numai în centrală, ci și în sistemul energetic.

Trebuie menționat faptul că conturnarea separatoarelor transformatorului T_3 datorită contactului necorespunzător nu s-a produs desigur instantaneu.

Încălzirea îmbinărilor de contact ale separatoarelor transformatorului în decurs de cîteva zile de funcționare (după reparația transformatorului) nu a fost observată de personalul centralei, ceea ce indică controlul insuficient al echipamentului din partea personalului operativ.

Arderea contactelor separatorului secțiilor de bară. Toate turbogeneratoarele centralei au funcționat cu sarcina totală.

Pentru remedierea defectului pe partea barelor centrale 380 V a serviciilor interne ale centralei, linia L_1, care alimentează secția *I* a barelor de 380 V a tratării chimice a apei a fost scoasă în reparație. Instalația de tratare chimică a apei se alimenta de la linia L_2 prin separatorul longitudinal al secțiilor *SSL* (fig. 52).

Înlocuirea presupusă a separatorului de secție longitudinal *SSL* cu un întreruptor automat nu a fost încă

efectuată. În urma încălzirii puternice au ars contactele de calitate inferioară ale separatorului secțiilor *SSL* dinspre secția *II* de 380 V; datorită scurtcircuitului la barele colectoare a fost deconectată linia L_2. Aceasta a dus la rămînerea fără alimentare a tuturor motoarelor și pompelor de la secția de tratare chimică a apei.

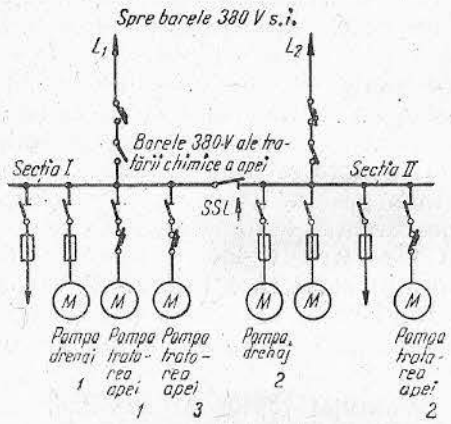


Fig. 52.

În legătură cu încetarea funcționării secției de tratare chimică a apei pentru un timp îndelungat, nivelul apei în degazoare a scăzut la minimum și astfel a fost deranjată funcționarea cazanelor, fapt care a dus la oprirea tuturor turbogeneratoarelor și la încetarea totală a alimentării cu căldură.

Trebuie menționat că starea necorespunzătoare a contactelor separatoarelor secțiilor nu a fost constatată în timpul reparației barelor colectoare de către personalul centralei datorită faptului că barele colectoare ale secțiilor de 380 V pentru tratarea chimică a apei au fost reparate succesiv.

La scoaterea în reparație a barelor colectoare ale secției *I* contactele separatorului secțiilor dinspre secția *II* au rămas sub tensiune, iar la scoaterea în reparație

a barelor colectoare ale secției *II* contactele separatorului secțiilor dinspre prima secție și cuțitele acestuia au rămas sub tensiune.

Personalul operativ al stației nu a acordat la timp atenția stării separatorului secțiilor prin care a trecut mai întîi curentul de sarcină al consumatorilor conectați la barele secției *I*. Cînd liniile L_1 și L_2 erau în funcțiune prin separatorul închis al secțiilor nu trecea de fapt curentul de sarcină și cu atît mai mult era mai mare rezistența de contact a îmbinării separatorului.

Acest exemplu arată încă o dată necesitatea verificării stării îmbinărilor de contact cînd prin acestea trece un curent de sarcină mare.

7. Prevenirea defectelor și avariilor în exploatarea întreruptoarelor

Cauzele principale ale deteriorării întreruptoarelor. Întreruptoarele destinate conectării și deconectării circuitelor generatoarelor sau a liniilor de înaltă tensiune sub sarcină, cît și pentru deconectarea acestora în caz de scurtcircuit reprezintă cele mai importante aparate electrice ale instalațiilor electrice.

Contactele întreruptoarelor reprezintă o parte foarte importantă. De construcția și starea acestora depinde într-o mare măsură siguranța de funcționare a întreruptorului. În exploatarea întreruptoarelor cu ulei și cu aer comprimat se întîlnesc adesea cazuri de avarie a acestora: deteriorarea datorită nestingerii arcului în timpul ruperii curentului de scurtcircuit, arderea și sudarea sistemelor de contacte, conturnarea izolației, defectarea izolatoarelor, funcționarea defectuoasă a mecanismelor de acționare, ruperea barelor de porțelan, deteriorarea bornelor cu ulei, din bachelită sau porțelan, defectarea garniturilor de cauciuc, refuz la declanșare sau anclanșare etc.

Din experienţa de funcţionare, întreruptoarele se defectează prin avarie, de regulă, în urma unui defect de fabricaţie sau al unei reparaţii de calitate inferioară sau care nu s-a executat la timpul potrivit.

Deteriorarea întreruptoarelor se poate produce dacă puterile de rupere la scurtcircuit depăşesc valorile admise.

Lipsa uleiului, nivelul prea coborît sau prea ridicat al acestuia în cuvele întreruptoarelor duce, de asemenea, la avarierea întreruptoarelor.

Atît la întreruptoarele cu ulei mult, cît şi la cele cu ulei puţin, uleiul serveşte la stingerea arcului. Dacă uleiul lipseşte sau dacă este într-o cantitate insuficientă arcul care apare la declanşare nu se va stinge, ceea ce va provoca deteriorarea întreruptorului. Nivelul prea ridicat al uleiului este periculos pentru întreruptor; în acest caz scade volumul pernei de aer de deasupra uleiului, ceea ce favorizează explozia întreruptorului prin presiunea suplimentară a gazului ce se degajă la ruperea curentului de scurtcircuit. De aceea controlul nivelului uleiului în cuvele întreruptoarelor trebuie efectuat cu regularitate. Se cere verificarea cu deosebită atenţie dacă nu există scurgeri de ulei prin etanşările cuvei, robinetul de scurgere etc. În cazul variaţiei bruşte a temperaturii aerului ambiant nivelul uleiului în întreruptor poate scădea sau creşte faţă de norma stabilită. În aceste condiţii trebuie stabilit un control special al nivelului uleiului în aparate pentru a putea completa sau scoate la timp uleiul corespunzător.

Cauza refuzului în funcţionare sau a deteriorării întreruptorului o poate reprezenta în practică starea nesatisfăcătoare a părţilor de frecare ale dispozitivului de acţionare: la temperaturi joase scade mult viteza de închidere şi deschidere a întreruptorului. Creşterea rezistenţei la părţile de frecare ale întreruptorului este favorizată de utilizarea unor unsori de marcă necorespunzătoare, de asperităţile şi rugina de pe aceste suprafeţe. Uneori rezistenţa părţilor de frecare ale dispozitivelor de acţionare este din această cauză atît de mare, încît dispozitivul de acţionare nu poate funcţiona.

Pentru prevenirea unor asemenea cazuri de rezistenţă prea mare a părţilor de frecare ale dispozitivului de acţionare acestea trebuie menţinute în stare netedă şi curată şi trebuie unse numai cu o substanţă care nu îngheaţă.

Din experienţa de exploatare a întreruptoarelor de tipul VMG există o serie de subansamble cu siguranţa scăzută de funcţionare (arderea şi uzura sistemelor de contacte, la aceste tipuri de întreruptoare se produce mai frecvent decît la alte tipuri).

După cîteva declanşări şi anclanşări, sau după ruperea unor curenţi de scurtcircuit mari, aceste întreruptoare trebuie decuvate şi examinate; îndeosebi trebuie controlată starea sistemelor de contact. Benzile de cupru ale legăturilor flexibile, datorită acţionărilor frecvente la operaţiile de anclanşare şi declanşare, se rup adesea şi provoacă scurtcircuite.

În unele cazuri cauza avarierii întreruptoarelor cu aer comprimat o reprezintă acţiunea lentă a contactelor datorită scăderii presiunii aerului sub limita admisă cînd refuză să funcţioneze blocarea circuitelor de comandă.

Calitatea lucrărilor de reparaţii, în special la întreruptoarele cu aer comprimat, este necorespunzătoare. Adesea, în practică se întîlnesc cazuri de refuz de funcţionare a cuţitului separatorului unei faze a întreruptorului cu aer comprimat datorită rezistenţei suplimentare a unsorii consistente sau a unsorii necorespunzătoare a pistonului supapei, cît şi datorită montării bobinei de comandă cu o rezistenţă necorespunzătoare şi cu un număr de spire necorespunzător. Datorită acţiunii luminii şi ozonului cauciucul neuns, care se află sub semiinelele de presare, se fisurează, fapt care provoacă avarierea întreruptoarelor cu aer comprimat.

Cauciucul folosit la confecţionarea garniturilor şi a etanşărilor întreruptoarelor cu aer comprimat nu este suficient de elastic şi de rezistent la frig, iar cu timpul deformaţia sa remanentă creşte. De aceea, o dată cu schimbarea anotimpurilor se efectuează verificarea şi controlul strîngerii piuliţelor tuturor etanşărilor.

Executarea strîngerii de control a piuliţelor fără chei dinamometrice provoacă de obicei strîngerea insuficientă sau prea puternică a piuliţelor fixării elastice a izolatoarelor de porţelan, fapt care poate duce la defectarea întreruptorului.

În practica exploatării întreruptoarelor s-au observat numeroase cazuri de deteriorare a bornelor de 110 kV şi mai mult datorită poluării acestora şi umezirii cilindrilor de bachelită din ulei care formează izolaţia acestor borne.

Lumina solară provoacă îmbătrînirea uleiului şi de aceea vasele de expansiune din sticlă trebuie vopsite. Nivelul uleiului din rezervor trebuie controlat.

În cazul funcţionării întreruptorului, în cele mai grele condiţii se află sistemele de contacte şi de stingere a arcului, care sînt supuse acţiunii dinamice şi termice a curenţilor de scurtcircuit.

Folosirea dispozitivelor de stingere a arcului accelerează stingerea arcului electric şi reduce presiunea în cuva întreruptorului, determinînd creşterea puterii maxime de rupere şi a siguranţei de funcţionare a întreruptorului. Accelerarea stingerii arcului se realizează, de obicei, prin răcirea puternică a acestuia cu ajutorul suflajului.

Pentru preîntîmpinarea creşterii peste măsură a presiunii din cuva întreruptorului se folosesc dispozitive de siguranţă speciale.

Exploatarea întreruptoarelor cu ulei necesită din partea personalului operativ, cît şi a celui de reparaţie, o atenţie deosebită, cunoaşterea principiului cinematicii mecanismelor de acţionare, cum şi a locurilor mai dificile ale acestora.

Înlăturarea la timp a defectelor observate în procesul de control, supravegherea nivelului de ulei din rezervoarele bornelor şi din cuvele întreruptoarelor, analiza probelor şi înlocuirea uleiului, în special după întreruperea unui curent de scurtcircuit, creează condiţii necesare pentru păstrarea echipamentului în condiţii satisfăcătoare.

Rezerva suficientă a uleiului izolant în calitate şi cantitate corespunzătoare, asigurarea alimentării normale cu curent operativ a dispozitivelor de acţionare, a protecţiei prin relee şi a semnalizării, respectarea programului de verificări a dispozitivelor de acţionare şi de efectuare a reparaţiilor şi a încercărilor profilactice asigură funcţionarea fără avarie a întreruptoarelor.

La întreruptoarele la care aerul comprimat se foloseşte pentru stingerea arcului şi pentru comanda dispozitivelor de acţionare ale acestora, aerul trebuie să fie uscat, curat şi să aibă presiune suficientă. Observarea şi controlul stării instalaţiei de compresoare şi a echipamentului de automatizare ale acesteia trebuie să fie efectuat cu multă atenţie.

La examinarea întreruptoarelor trebuie verificată cu atenţie prezenţa fisurilor şi a ciupiturilor pe porţelan, să se stabilească dacă nu se aud zgomote suspecte şi descărcări în întreruptor; să se cerceteze starea suprafeţei izolatoarelor şi încălzirea contactelor după dispozitivele de semnalizare a temperaturii; să se verifice nivelul şi culoarea uleiului din cuvă, lipsa scurgerilor, poziţia indicatoarelor mecanice etc.

Deteriorarea întreruptoarelor, de regulă, impune întreruperea alimentării consumatorilor pe un interval mai lung, defectarea altor aparate şi elemente din instalaţia de distribuţie, putînd duce chiar la incendiu sau la accidente cu personalul.

Acţiunea personalului la apariţia defectelor şi avariilor la întreruptoare. Întreruptorul nu declanşează. Experienţa de exploatare a întreruptoarelor confirmă că refuzul acestuia la declanşare în caz de scurtcircuit duce la urmări grave. De exemplu, poate provoca declanşarea surselor de alimentare (generatoare, transformatoare şi liniile de alimentare) şi pierderea tensiunii pe barele centralei şi ale staţiei.

Cauza refuzului de funcţionare o poate forma: arderea siguranţelor circuitului bobinei de declanşare; contact slab sau arderea fuzibilului necalibrat în momentul funcţionării protecţiei etc.

Personalul de exploatare trebuie să verifice periodic starea circuitelor de deconectare folosind pentru aceasta întreruperile efectuate după un program stabilit în prealabil. În circuitele în care înregistrarea siguranţelor este controlată cu lămpi de semnalizare este necesară supravegherea funcţionării acestor lămpi.

La dispoziţia personalului de tură trebuie să existe cîteva seturi de siguranţe calibrate, de lămpi de semnalizare, iar în atelier — de bobine de declanşare.

Dacă cauza refuzului dispozitivului de acţionare o formează corodarea plonjorului electromagnetului, cînd întreruptorul declanşează este suficient să se şteargă plonjorul cu o cîrpă înmuiată în benzină sau petrol lampant. La dispozitivele de acţionare montate în exterior se folosesc substanţe de ungere care nu îngheaţă.

O cauză frecventă a refuzului de declanşare a întreruptorului o formează tensiunea scăzută a curentului operativ. De exemplu, lipsa sau defectarea automatului de curent maxim al motorului-generatorului, ce funcţionează la încărcarea bateriei de acumulatoare, poate servi drept cauză a căderii tensiunii curentului operativ. Dacă dintr-o anumită cauză este deconectat motorul de curent alternativ, generatorul de curent continuu, trecînd în regim de motor, devine consumator de putere, în care înregistrarea siguranţelor este controlată cu lămpi de la bateria de acumulatoare şi prin aceasta provoacă scăderea tensiunii la barele curentului operativ. Cînd întreruptorul nu poate fi declanşat la distanţă, manevra trebuie efectuată manual.

În cazul refuzului de deschidere la acţionarea manuală în cazul cînd există bare de rezervă libere şi o cuplă transversală liberă, plecarea cu întreruptorul defect se transferă de pe barele de lucru pe cele de rezervă şi se declanşează ICT.

Întreruptorul nu se anclanşează. Cauza refuzului de funcţionare a dispozitivului de acţionare la anclanşare o poate forma: tensiunea scăzută a curentului operativ, arderea siguranţelor în circuitul bobinei de anclanşare sau în circuitele de alimentare de tensiune alternativă de pe barele de lucru, întreruperea circuitului de comandă, uzura plonjorului electromagnetului de închidere, cît şi arderea bobinei de anclanşare datorită lipirii contactelor releului intermediar.

Înaintea închiderii întreruptorului este necesar să se verifice tensiunea curentului operativ şi dacă tensiunea este scăzută, se măreşte pe perioada de închidere a întreruptorului; în continuare, după lămpile de semnalizare, se verifică starea siguranţelor din circuitul de anclanşare.

Dacă cauza refuzului dispozitivului de acţionare la închidere o formează un defect mecanic (de exemplu cursa insuficientă a plonjorului etc.) personalul operativ înlătură defectul constatat.

Uneori se întîmplă că întreruptorul este anclanşat şi imediat declanşează.

Acest fenomen se observă rar şi cauza sa poate fi slăbirea frecării în cuplele de fricţiune ale acţionărilor cu motoare, iar la acţionările cu electromagnet — griparea percutorului miezului electromagnetului de declanşare în poziţia superioară şi menţinerea pîrghiei, sau zdruncinarea dispozitivului de acţionare şi decuplarea mecanică.

Încălzirea contactelor întreruptorului. Acest fenomen se observă la o serie de întreruptoare care au contacte tip deget la care prelucrarea brută a suprafeţei contactului măreşte rezistenţa de trecere şi provoacă încălzirea locală.

La întreruptoarele cu contact în formă de rozetă, încălzirea se produce datorită contactului slab dintre tijă şi rozetă în urma înclinării sau slăbirii arcului ce apasă contactul segmentar pe tijă. Încălzirea se poate produce, de asemenea, datorită adîncimii insuficiente de introducere a tijei în rozetă.

Încălzirea întregului întreruptor. Încălzirea neadmisibilă a întreruptorului se produce datorită curentului de suprasarcină sau din cauza creşterii pierderilor la partea de contacte a întreruptorului în urma oxidării suprafeţei de contact, a creşterii rezistenţei contactelor şi ridicării temperaturii aerului ambiant.

Dacă suprasarcina întreruptorului are loc sistematic trebuie pusă problema înlocuirii întreruptorului cu altul mai puternic.

Încălzirea peste măsură a întreruptorului este deosebit de periculoasă la ruperea curentului de scurtcircuit, deoarece uleiul fierbinte răcește mai lent gazul care se degajă în jurul locului de rupere a arcului.

Ruperea tijelor de porțelan și defectarea izolatoarelor suport ale întreruptoarelor. Ruperea tijelor și defectarea izolatoarelor se produce cel mai frecvent la întreruptoarele de tip MGF și VMG.

Montarea sau repararea incorectă, lăsarea unui spațiu mare între rondelă și corpul amortizorului cu arc, cît și cursa insuficientă a tijei de contact duc la avarierea contactului cu rozetă al tijei și a izolatoarelor la închiderea întreruptorului provocînd un șoc al tijei pe fundul contactului.

Lipsa uleiului în întreruptor. La examinarea curentă, a întreruptorului liniei L_2 s-a constatat lipsa uleiului (fig. 53).

Lăsarea în funcțiune a întreruptorului liniei L_2 fără ulei nu este permisă, deoarece în caz de scurtcircuit pe linia L_2 protecția maximală va acționa la declanșarea întreruptorului, iar arcul care se formează în jurul contactelor întreruptorului la ruperea curentului de scurtcircuit nu se va stinge și acest fapt va provoca avarierea întreruptorului. Aceasta din urmă poate duce la scurtcircuit pe bare și la rămînerea fără alimentare a întregii stații.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul operativ sînt:

— deconectarea curentului operativ de la întreruptorul cu ulei al liniei L_2;

— punerea sub tensiune a sistemului barelor de rezervă prin închiderea *ICT* avînd protecțiile cu reglaje minime de curent și timp;

— deconectarea protecției și a curentului operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— închiderea separatoarelor de bare al liniei L_2 pe sistemul barelor de rezervă și deschiderea separatorului de bară pe sistemul barelor de lucru;

— conectarea curentului operativ la dispozitivul de acționare al *ICT* și conectarea protecției cu reglajele de curent și timp, corespunzătoare protecției liniei L_2;

— luarea de măsuri pentru scoaterea în reparație a întreruptorului.

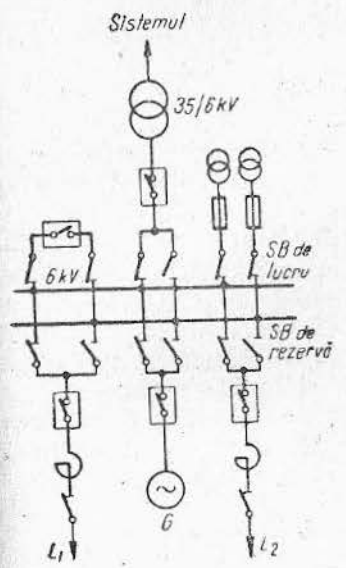


Fig. 53.

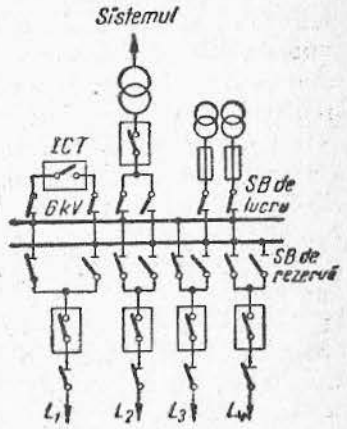


Fig. 54.

Dacă consumatorii au o linie de alimentare de energie electrică de rezervă, manevrele indicate mai sus nu trebuie executate, iar sarcina de pe linia L_2 se întrerupe dinspre consumator, pe cînd tensiunea de pe linia L_2 se întrerupe prin deschiderea separatoarelor (dacă lungimea liniei corespunde celei indicate în § 43. 17 din R.E.T.).

Întreruptorul nu poate fi declanșat nici la distanță nici manual. Întreruptorul liniei L_1 din stație nu poate fi declanșat la distanță sau manual (fig. 54).

Operațiile pe care le execută personalul operativ:

— punerea sub tensiune a sistemului de bare de rezervă de 6 kV prin închiderea *ICT* avînd la protecție reglaje minime de curent și timp;

— deconectarea protecției și a curentului operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— închiderea separatoarelor liniei L_1 pe sistemul barelor de rezervă și deschiderea separatoarelor acestei linii de pe barele de lucru;

— conectarea curentului operativ la dispozitivul de acționare al *ICT* și deschiderea *ICT*; prin aceasta se deconectează linia L_1;

— scoaterea în reparație a întreruptorului liniei L_1 pentru îndepărtarea defectului.

Întreruptorul anclanșează sau declanșează de la sine. Una din cauzele principale ale anclanșării sau declanșării de la sine a întreruptorului o reprezintă apariția în rețeaua de curent operativ a dublelor puneri la pămînt.

În fig. 55 este reprezentat modul în care circuitul de anclanșare la distanță al bobinei de anclanșare se pune la pămînt în punctele *a* și *b*. În mod analog se poate produce o declanșare de la sine a întreruptorului în cazul dublei puneri la pămînt în diferitele puncte ale circuitului bobinei de declanșare. Pentru aceasta, în centrale și stații este necesar un control permanent al stării izolației din circuitele curentului operativ.

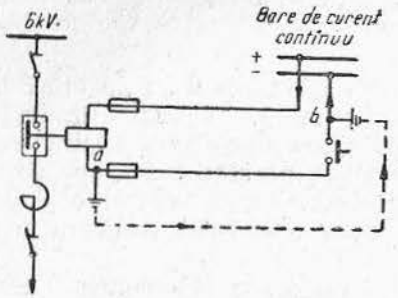


Fig. 55.

Dacă într-un punct oarecare al circuitului operativ apare o punere la pămînt se emite concomitent un semnal sonor, iar pentru aprecierea stării izolației semnalizarea este prevăzută cu un voltmetru. La orice scădere

a nivelului izolației din circuitele curentului operativ personalul de exploatare este obligat să ia imediat măsuri de detectare a locului punerii la pămînt și de înlăturarea defectului.

În cazul punerii la pămînt în rețelele curentului operativ nu este permisă efectuarea unor lucrări sub tensiune în afara stabilirii locului punerii la pămînt.

8. Prevenirea defectelor și avariilor în exploatarea separatoarelor

Cauzele principale ale deteriorării separatoarelor. Separatoarele se utilizează pentru realizarea unei întreruperi vizibile a sectoarelor deschise ale circuitelor și aparatelor la partea rețelei care se află sub tensiune.

În regimurile normale de funcționare, echipamentul în perfectă stare permite executarea de manevre cu separatoare dacă se respectă următoarele condiții: dacă în momentul efectuării manevrelor nu există o punere la pămînt în rețea; dacă separatoarele de linie ale perechilor de linii se află în camere separate sau sînt separate prin îngrămădiri rezistente la foc.

Cu separatoarele standardizate se permite executarea închiderii și deschiderii:

— transformatoarele de tensiune, a curentului capacitiv al barelor colectoare și al echipamentului;

— curentul capacitiv al liniilor în cablu cu un curent capacitiv de pînă la 1,5 A, iar pentru liniile aeriene cu un curent capacitiv de pînă la 3 A;

— curentul de egalizare al liniilor cu condiția ca diferența dintre tensiuni la separator după deschidere să nu reprezinte mai mult de 2% din valoarea nominală;

— curentului de puneri la pămînt: 5 A pentru liniile de 20—35 kV și 30 A pentru liniile de 10 kV și mai puțin.

Se permite, de asemenea, executarea manevrelor de deconectare de la pămînt și de legare la pămînt cu se-

paratoare a punctelor neutre ale transformatoarelor; deschiderea și închiderea bobinelor de stingerea arcului cu separatoare (dacă în rețea nu există o punere la pămînt; deschiderea și închiderea separatoarelor de transfer (cînd întreruptorul care șuntează este închis).

Admiterea închiderii și deschiderii cu separatoare standardizate a transformatoarelor de putere și a liniilor, ce funcționează în gol, în funcție de lungimea și tensiunea lor, trebuie indicată în instrucțiunile locale.

Se interzice categoric a se executa cu separatoarele următoarele manevre:

— conectarea și deconectarea unei plecări al cărei întreruptor este închis, cu excepția cazurilor prevăzute mai sus;

— șuntarea și deșuntarea reactoarelor cînd plecarea este conectată;

— transferarea parțială a plecărilor fără întreruperea alimentării de la sistemul barelor de lucru, pe sistemul barelor de rezervă, fără ajutorul *ICT*.

Cauzele principale de avarie a separatoarelor sînt greșelile personalului la executarea manevrelor.

Cele mai răspîndite defecte ale separatoarelor sînt încălzirea acestora la locul de contact. Calea de trecere a curentului în locul de trecere de la cuțit spre capul de contact sau invers se îngustează mult, în urma căruia apar forțe puternice de respingere care, învingînd presiunea arcului pot produce respingerea cuțitului din capul de contact cu arcuri sau slăbirea presiunii de contact.

În primul caz scînteia care apare topește suprafața contactelor într-o măsură mai mare sau mai mică, iar în caz de scurtcircuit provoacă chiar scoaterea cuțitului din capul de contact.

Micșorarea presiunii arcului în capul de contact sau în partea inferioară a balamalei cuțitului produce creșterea rezistenței de trecere a contactului. Degajarea în contact a energiei termice evoluează rapid, apare un arc electric și avaria poate trece în scurtcircuit.

Dacă se constată o încălzire trebuie luate imediat măsuri de descărcare a separatoarelor care se încălzesc.

În cazul unui singur sistem de bare trebuie redusă sarcina, iar sistemul de bare trebuie controlat mai frecvent.

În cazul a două sisteme de bare sarcina trebuie oprită complet (de pe separatorul care se încălzește se trece la separatorul de linie al celuilalt sistem de bare cu ajutorul *ICT*).

Acțiunea personalului la apariția defectelor și avariilor la separatoare. Deschiderea greșită a separatoarelor sub sarcină duce la cele mai grave avarii. Pentru prevenirea unor asemenea avarii se utilizează un dispozitiv de blocare între separatoare și întreruptoare.

Datorită introducerii în centrale și stații a dispozitivelor de blocare au fost mult reduse manevrele greșite cu separatoarele. Acțiunea greșită a personalului se poate produce însă și în cazul plecărilor blocate. Adesea, datorită neatenției, personalul operativ produce deschideri de separatoare în celulele în funcțiune. Blocarea în acest caz nu permite efectuarea operației date, deoarece plecarea se află sub sarcină însă, personalul consideră că blocarea este defectă și de la sine putere, fără o verificare suplimentară efectivă a circuitului anulează blocarea și execută operații periculoase (deschide cuțitele separatoarelor sub sarcină).

La executarea manevrelor cu separatoare monopolare trebuie deschis întîi cuțitul din mijloc al separatorului, iar apoi cuțitele extreme. Această succesiune este dictată de faptul că dacă personalul operativ va deschide din greșeală cuțitul din mijloc al separatorului sub sarcină nu se va produce un arc electric puternic, deoarece de fapt se întrerupe un circuit paralel. Deschiderea însă a celui de-al doilea cuțit al separatorului va produce un arc electric puternic, capabil de a duce la conturnarea fazelor alăturate. Eroarea observată la deschiderea (închiderea) sarcinii cu un cuțit al separatorului poate fi îndreptată numai prin declanșarea întreruptorului.

Unele defecte, de exemplu efectul corona, luminescența și conturnarea, se pot constata ușor prin examinarea aparatelor în întuneric.

În continuare sînt date cele mai frecvente cazuri de defecte ale separatoarelor întîlnite în exploatare și măsurile ce trebuie luate pentru înlăturarea lor.

Separatoarele de la bornele generatorului se încălzesc. Defectul a fost constatat în timpul unei examinări curente, cînd generatorul G_1 a funcționat cu sarcina maximă (fig. 56).

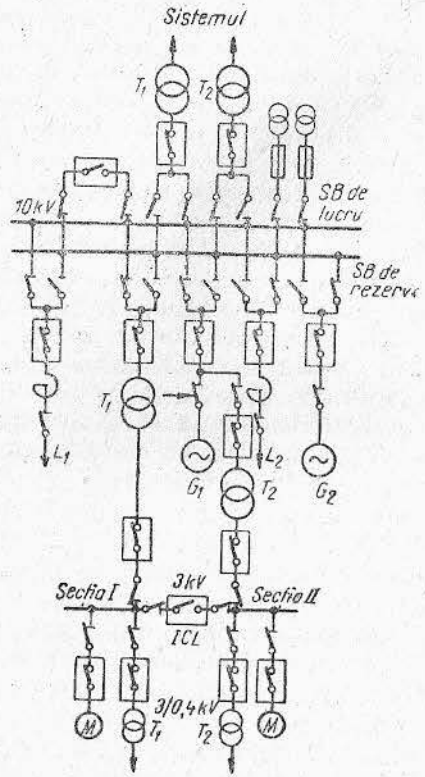


Fig. 56.

Încălzirea a fost observată după întunecarea peliculei termice și după schimbarea culorii cuțitelor de cupru ale separatoarelor.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul:

— cu aprobarea personalului operativ superior se reduce imediat curentul statorului generatorului; puterea activă a generatorului se micșorează în cazul reducerii insuficiente a puterii reactive;

— se iau măsuri privind îmbunătățirea ventilației aerului la bornele generatorului — se deschide ușa camerei și se observă separatoarele;

— se închide întreruptorul cuplei longitudinale *ICL* de 3 kV; cu scopul de a mări siguranța alimentării serviciilor interne, avîndu-se în vedere nesiguranța în funcționare a G_1; se deschide întreruptorul transformatorului serviciilor interne T_2 în rezervă; trecîndu-se astfel alimentarea serviciilor interne pe barele colectoare ale centralei;

— după trecerea sarcinii maxime în sistemul energetic, se oprește turbogeneratorul pentru examinare și pentru determinarea gradului de uzură a separatoarelor sau pentru stabilirea înlocuirii acestora.

Se încălzește capul de contact al separatorului. În timpul examinării instalației de distribuție de 110 kV s-a constatat că la separatorul de linie S_1 al liniei L_1 pe una din faze se încălzește capul de contact (fig. 57).

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul,

— dacă linia L_2 este capabilă de a permite puterea totală a liniilor L_1 și L_2, întreruptorul L_1 se deschide; după trecerea maximului de sarcină se scot separatoarele S_1 în reparație pentru înlăturarea defectului; în caz contrar, cu permisiunea personalului operativ superior, trebuie să se schimbe sarcina generatorului G_1 și G_2, astfel încît linia L_2 să nu se supraîncarce.

Se încălzește capul de contact al separatorului de bare. La examinarea stației de 35 kV s-a constatat că la separatorul de bare a liniei L_1 s-a încălzit puternic capul de contact (cuțitul de contact nu a pătruns complet) (fig. 58).

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul:

— să încerce cu tensiune sistemul barelor de rezervă prin închiderea *ICT*, avînd reglajele minime ale protec-

ției acestuia de curent și de timp; întreruptorul se lasă închis;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se închid separatoarele de bare ale liniei L_1 pe sistemul barelor de rezervă;

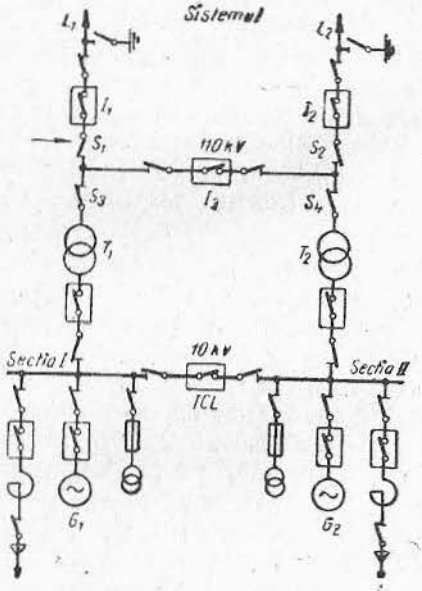


Fig. 57.

— după trecerea maximului de sarcină în sistemul energetic, se scoate în reparație linia L_1 și sistemul barelor de lucru pentru înlăturarea defectului.

Pentru a evita deteriorările sparatorului încălzit puternic al liniei L_1 de pe sistemul de bare *I*, aceasta nu trebuie deschis decît după răcirea acestuia sau după scoaterea de sub tensiune a linie L_1.

Apariția scînteilor la separatoarele de bare ale transformatorului. La examinarea stației de 6 kV (fig. 59) s-au observat scînteieri și încălzirea puternică a separatoarelor de bare ale transformatorului T_2.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se iau imediat măsuri de punerea în funcțiune rapidă a transformatorului care se află în reparație curentă T_1 (dacă reparația s-a terminat sau se iau măsuri de accelerare a reparației);

— se cere consumatorilor de a transfera alimentarea cu energie electrică pe sursa de alimentare de rezervă;

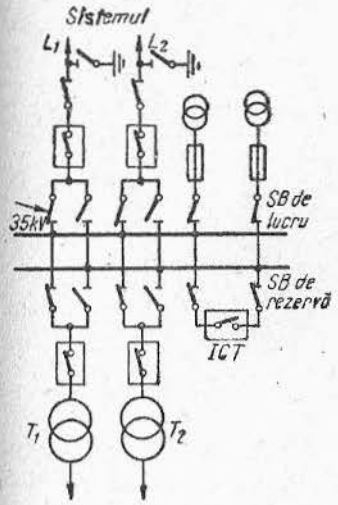


Fig. 58.

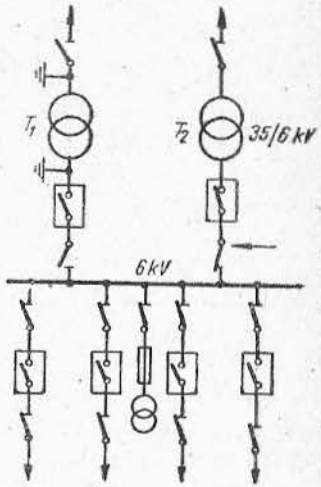


Fig. 59.

— se cere consumatorilor de categoria a III-a să-și reducă provizoriu sarcina;

— se stabilește controlul încălzirii separatoarelor.

În cazul unei stări grave a separatoarelor se deconectează liniile după diagrama de deconectare în cazul avariilor locale.

Se încălzesc separatoarele reactorului secției de bare. La examinarea instalației de distribuție de 6 kV a centralei (fig. 60) s-a constatat că separatoarele reactorului de secție dinspre secția de bare *II* se încălzesc puternic.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul:

— să verifice circulația de puteri prin transformatoarele T_1, T_2 și prin separatorul cuplei longitudinale;

— dacă nu se prevede suprasarcina pe transformatoare se deconectează reactorul de secţie;

— în cazul cînd deschiderea întreruptorului cuplei longitudinale duce la o suprasarcină neadmisibilă a

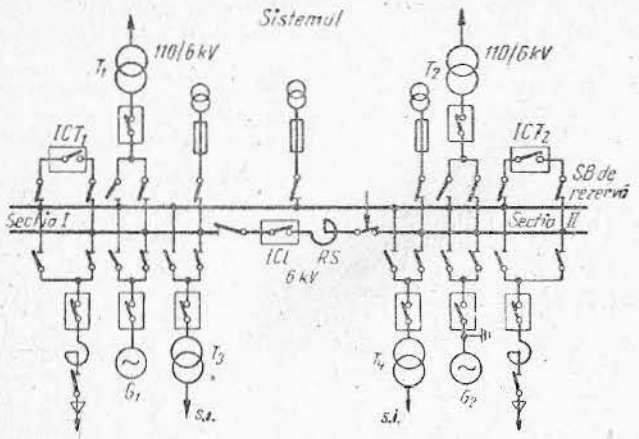


Fig. 60.

transformatorului T_2, înaintea deschiderii întreruptorului cuplei longitudinale trebuie distribuită sarcina pe secţie prin transferarea unei părţi a liniilor pe sistemul barelor de rezervă.

Pentru aceasta trebuie:

— să se verifice cu tensiune sistemul barelor de rezervă cu *ICT* de la secţia *II* (ICT_2), întreruptorul avînd protecţia cu reglajele de curent şi timp la minimum;

— să se deconecteze curentul operativ de la dispozitivul de acţionare al ICT_2 şi să se treacă o parte a liniilor de plecare de pe secţia *II* pe sistemul barelor de rezervă;

— să se închidă *ICT* al secţiei *I* (ICT_1) şi se deschide *ICT* al secţiei *II* (ICT_2), prin aceasta se reduce suprasarcina de la transformatorul T_2;

— după trecerea sarcinii maxime, barele de lucru ale secţiei II se scot în reparaţie şi se înlătură defectul separatorului de secţie;

— se anunţă persoanele interesate privitor la schema provizorie de alimentare a consumatorilor.

Dacă din condiţiile curenţilor de scurtcircuit se pot deschide ICT_1 şi ICT_2, acestea trebuie închise amîndouă. Una din ele se închide după ce s-a pus în funcţiune, protecţia corespunzătoare reglajelor întreruptorului *ICL*.

Conturnarea separatoarelor de bare la încercarea cu tensiune ridicată. În centrală s-a scos în reparaţie plecarea liniei L_8 (fig. 61). Conform planului de lucrări prevăzut, era programată şi încercarea cu tensiune mărită (de impuls) a aparatajului celulei de linie.

Încercarea se face punînd sub tensiune continuă de impuls cu o valoare de cinci ori mai mare decît tensiunea nominală, întregul aparataj (separatoare de bare, întreruptor, separator de linie). Lucrările fiind terminate

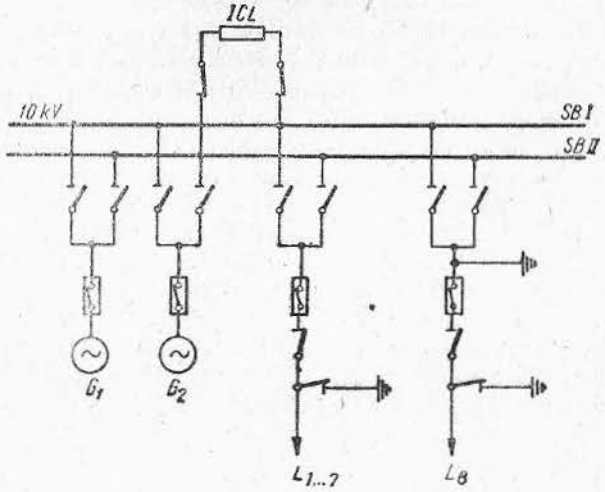


Fig. 61.

se scot legăturile de la pămînt mobile din celulă şi cu separatorul de linie deschis, întreruptorul liniei închis şi separatoarele de bare deschise se încearcă aparatajul celulei 2. Sistemul *II* de bare este o rezervă, sistemul *I* de bare este sub tensiune, la el fiind conectate genera-

toarele şi plecările L_1—7. În acest fel separatoarele de bare de pe sistemul *I* al liniei L_8 are aplicată la contactele fixe tensiunea de lucru de 10 kV, iar pe partea contactelor mobile tensiunea de încercare. În aceste condiţii poate apărea străpungerea spaţiului dintre contactele fixe şi cele mobile ale separatorului liniei L_8 de pe sistemul *II* de bare, fapt care duce la supratensionarea instalaţiilor racordate pe sistemul *I* de bare şi eventuala străpungere a izolaţiei lor dacă acestea au vreun punct slab (se poate produce chiar străpungerea izolaţiei unui generator racordat pe barele respective).

Din acest motiv astfel de încercări trebuie făcute după un program aprobat de personalul operativ superior şi cu luarea măsurilor tehnice necesare pentru a se evita astfel de avarii. În acest scop fie că se trece la o secţiune a barelor, prin desfacerea unor eclise de înnădire din lungul barelor, iar dacă acest lucru nu este posibil se va organiza scoaterea totală a tensiunii atît pe sistemul *I*, cît şi pe sistemul *II* de bare. Se creează astfel posibilitatea încercării fără pericole a instalaţiei, evitîndu-se în acest fel incidentul amintit.

Desigur că în condiţiile scoaterii complete a tensiunii de pe barele colectoare ale centralei, se va putea încerca simultan tot aparatajul, pe cîte un sistem de bare. În acest scop se vor menţine închise separatoarele de pe sistemul *I* de bare, celelalte separatoare menţinîndu-se deschise pe sistemul *II* de bare. Se încearcă astfel simultan tot aparatajul sistemului *I* de bare. Pentru sistemul *II* de bare se procedează la fel. Manevrele trebuie făcute cu deosebită atenţie şi ele trebuie să fie supravegheate cel puţin de un personal tehnic superior.

9. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea instalaţiilor de distribuţie capsulate (IDC)

Cauzele principale de avarie a elementelor instalaţiilor de distribuţie capsulate. Instalaţia de distribuţie capsulată reprezintă o construcţie metalică compusă din

dulapuri închise îmbinate între ele cap la cap şi fixate cu şuruburi, în care sînt montate toate elementele plecării electrice (aparate de înaltă tensiune, aparate de măsurat, echipamentul de protecţie prin relee etc).

Instalaţiile de distribuţie capsulate sînt utilizate la alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale, a instalaţiilor comunale şi a serviciilor interne din centrale şi staţii.

Dintre avantajele *IDC* fac parte: siguranţa înaltă de funcţionare; securitatea deservirii, murdărirea şi prăfuirea redusă a aparatelor şi a elementelor conductoare de curent în comparaţie cu instalaţiile de distribuţie obişnuite; accelerarea construirii obiectivelor energetice; micşorarea volumului clădirii; simplificarea lucrărilor de construcţii; uşurarea extinderii şi reconstruirii obiectivelor energetice; transferarea cu cheltuieli mici a *IDC* dintr-un loc într-altul; micşorarea cheltuielilor generale anuale de exploatare *IDC* în comparaţie cu instalaţiile de distribuţie închise obişnuite.

Un dezavantaj în exploatarea *IDC* îl reprezintă dificultatea controlului stării aparatelor şi a îmbinărilor de contact din interior. Confecţionarea aparatelor la un nivel calitativ superior, examinarea periodică a echipamentului montat în IDC şi verificările în afara programului după declanşarea unui scurtcircuit asigură însă o funcţionare sigură a *IDC*.

În continuare sînt date cazurile cel mai des întîlnite de avariere a elementelor *IDC*, cît şi cauzele lor.

Contactele necorespunzătoare între contactele circuitelor primare ale celulei şi căruciorului. Cauzele posibile: slăbirea fixării glisoarelor căruciorului, a scoabelor mecanismului de reglare sau a izolatoarelor de trecere de pe cărucior; slăbirea fixării barei conductoare de trecere din izolator; murdărirea glisoarelor sau a ghidajelor cadrului inferior al celulei, pătrunderea unor obiecte străine sub glisoarele *IDC*; montarea necorespunzătoare a celulelor (înclinare la montaj); nerespectarea regulilor la înlocuirea căruciorului cu unul de rezervă.

Apariţia locurilor arse sau a perlărilor pe lamelele contactelor circuitului primar. Cauze posibile: slăbirea

arcurilor datorită încălzirii intensive a contactelor; autodeşurubarea piuliţelor.

Defectarea îmbinărilor de contact la contactele circuitelor secundare. Cauze posibile; slăbirea fixării blocului contactelor secundare ale căruciorului sau celulei; deformarea arcurilor lamelare ale blocului fix datorită apăsării prea puternice sau ridicării prea mult a căruciorului la reglare.

Căruciorul IDC se ridică la aducerea în poziţia de lucru. Cauza posibilă; nu este sudat opritorul pe glisoarele căruciorului.

Deteriorarea bazei din material plastic a blocului de contacte mobile ale contactelor secundare ale căruciorului. Cauze posibile: introducerea căruciorului în dulap fiind ridicate contactele secundare pe cărucior (nu funcţionează blocarea la deteriorarea contactelor secundare); unghiul de rotire prea mare al contactelor blocului mobil; presarea necorespunzătoare a armăturii în material plastic a elementului rotativ.

Arderea sau perlarea contactelor circuitelor secundare. Cauza posibilă: apăsarea insuficientă pe arcurile lamelare.

Conturnare între contactele secundare şi placa superioară a compartimentului căruciorului. Cauze posibile: spaţiu mic între contactele blocului mobil al căruciorului şi placă.

Căruciorul nu se fixează în poziţia de lucru sau de încercare (se referă numai la construcţia veche a mecanismului de reglare). Cauze posibile: slăbirea şuruburilor de fixare a scoabelor mecanismului de reglare; slăbirea fixării arborelui mecanismului de reglare.

Nu funcţionează blocarea. Cauza posibilă: este prea mare lungimea tijei care leagă arborele de reglare cu pîrghia de blocare.

Forfecarea ştifturilor care leagă arborele acţionării cu pîrghia arborelui întreruptorului. Cauze posibile: calitatea necorespunzătoare a oţelului ştifturilor sau forma cilindrică a acestora; ajustajul necorespunzător al pîrghiei pe arbore; întreruptorul este dereglat.

Pîrghia întreruptorului loveşte în placa superioară a compartimentului dulapului căruciorului. Cauze posibile: există puţin ulei în amortizorul cu ulei; întreruptorul este dereglat.

Tija amortizorului cu arc loveşte în placa superioară a compartimentului căruciorului. Cauze posibile: s-a defectat sudura suportului căruciorului pe care este fixat amortizorul cu arc; amortizorul cu arc este dereglat.

Deteriorarea tijelor de porţelan şi a izolatoarelor suport ale întreruptorului. Cauze posibile: spaţiu mare (peste 1,5 mm) între şaibă şi corpul amortizorului cu arc, datorită căruia tijele de contact la închidere lovesc fundul contactului rozetă; se loveşte pîrghia cu două braţe de placa superioară a compartimentului căruciorului; cursă de rezervă prea mică (sub 25 mm) a tijelor de contact; la închidere se lovesc de fundul contactului rozetă.

Deteriorarea izolatoarelor de trecere şi a tijelor de porţelan ale întreruptorului. Cauza posibilă: cursa de rezervă prea mică (sub 25 mm) între placa legăturii flexibile pe bara de contact şi capetele şuruburilor capacului izolatorului de trecere; datorită acestui fapt placa loveşte şuruburile izolatorului.

Încălzirea prea intensă a bornei de contact inferioare a întreruptorului. Cauze posibile: tija de contact intră în contactul rozetă pe o adîncime mai mică de 40 mm; tija de contact intră strîmb în contactul rozetă; plăcile contactului rozetă ating capătul tijei numai pe o parte din suprafaţă; inelul opritor al contactului rozetă s-a deteriorat sau s-a deformat; nu toate plăcile ating tija de contact sau o ating cu o presiune insuficientă; arcurile contactului rozetă s-au slăbit; contact slab în locurile de îmbinare a legăturilor la bare cu borna inferioară a întreruptorului.

Încălzirea prea intensă a întregului întreruptor, a contactelor şi cilindrilor. Cauze posibile: curentul de sarcină depăşeşte valoarea nominală a întreruptorului; ventilaţia insuficientă a dulapului sau a întregii *IDC*.

Uleiul din întreruptor (după cîteva declanşări) devine prea repede întunecat, întreruptorul declanşează greu

la scurtcircuit stropind cu ulei. Cauze posibile: viteza insuficientă de deplasare a tijei de contact la deschidere ca urmare a uzurii şi a frecării mari din mecanismul de acţionare; puterea de scurtcircuit a reţelei este mai mare decît puterea de rupere indicată în fişa tehnică a întreruptorului; stingere nesatisfăcătoare a arcului datorită montării incorecte a camerei de stingere în cilindru; la ruperea arcului în întreruptoarele VMG—133—II, VMG—133—III bila supapei nu obturează orificiul în rezervorul suplimentar (stropirea cu ulei se produce prin placa de închidere a separatorului de ulei); lipsesc ori s-au uzat garniturile izolatorului de trecere.

Acţiunea personalului la exploatarea instalaţiilor de distribuţie capsulată. La exploatarea instalaţiilor de distribuţie capsulate trebuie acordată o deosebită atenţie echipamentului celulelor de alimentare (bornele de putere şi celulele de secţie).

La sarcina nominală echipamentul acestor plecări funcţionează în regim termic limită şi datorită încălzirii contactelor s-ar putea să fie necesară micşorarea sarcinii, iar uneori şi declanşarea de avarie. Pentru exploatarea sigură a *IDC* este necesar ca la montare sau în cazul lucrărilor de reparaţie la toate lamelele contactelor primare, ale bornelor inferioare ale întreruptorului şi la îmbinările de contact să se lipească pelicule termoscopice cu ajutorul cărora prin schimbarea culorii acestora, se poate aprecia starea contactului din punctul de vedere al încălzirii. Pentru îmbunătăţirea condiţiilor de răcire a echipamentului, la sarcinile apropiate de cea nominală, trebuie deschise uşile dulapului şi uşile anterioare ale compartimentului căruciorului *IDC*. Independent de aceste măsuri, personalul operativ trebuie să exercite un control permanent al stării echipamentului *IDC* care funcţionează la sarcină limită.

Pentru mărirea siguranţei de funcţionare în exploatarea *IDC* la centrale şi staţii trebuie să existe echipament de rezervă. Drept celulă de rezervă poate fi utilizat, de exemplu, un dulap cu echipament *IDC* care nu este pus în exploatare. Parametrii dulapului de rezervă trebuie să corespundă parametrilor celulei înlocuite.

Înaintea conectării dulapului de rezervă al *IDC* pentru punere în funcţiune personalul trebuie să se convingă de starea de funcţionare a întreruptorului, a dispozitivului de acţionare, a mecanismului de reglare şi dotare, a contactelor căruciorului şi a telecomenzilor întreruptorului.

Operaţiile pe care trebuie să le execute personalul operativ la introducerea căruciorului în corpul *IDC* sînt următoarele:

— înaintea scoaterii căruciorului din poziţia de lucru în poziţia de încercare sau invers trebuie să se convingă că întreruptorul este deschis;

— introducerea căruciorului trebuie făcută lent pînă la atingerea contactelor circuitului primar, apoi se continuă pînă la poziţia de lucru cu ajutorul manetei mecanismului de reglare a poziţiei;

— dacă căruciorul nu ajunge pînă la poziţia de lucru, acesta trebuie scos din nou afară şi se examinează lamelele contactelor circuitului primar.

În cazul necorespondenţei axelor părţilor fixe şi mobile ale contactelor trebuie efectuată reglarea acestora.

După instalarea căruciorului în poziţia de lucru trebuie verificată corectitudinea acestei instalări, poziţia mecanismului de acţionare al dispozitivului de acţionare, cît şi reglarea contactelor circuitelor secundare.

În cazul cînd se montează legătura la pămînt de protecţie în dulapul *IDC* cu ajutorul separatoarelor de legare la pămînt (montarea legăturii la pămînt la aceste lucrări este necesară numai la plecările unde este posibilă aplicarea tensiunii de linie), montate în dulapul *IDC* personalul operativ este obligat să respecte succesiunea operaţiilor privind scoaterea în reparaţie a plecării, adică să deschidă întreruptorul cu ulei, să scoată căruciorul în poziţie de reparaţie şi după aceasta să treacă la manevrarea mecanismului de legare la pămînt.

La pornirea motoarelor ce se alimentează de la *IDC* este necesară respectarea următoarelor condiţii:

La pornirea motoarelor în scurtcircuit este necesar ca protecţia maximală să fie desensibilizată în raport

cu curenții de pornire; dacă la prima încercare de închidere întreruptorul nu se închide sau declanșează automat, pornirea repetată se execută după 1—2 min; dacă după cea de a doua operație de pornire din nou nu se produce închiderea întreruptorului sau declanșează automat se interzice efectuarea manevrelor de pornire pînă la verificarea stării circuitelor de comandă ale dispozitivului de acționare și ale blocării, cît și verificarea stării motorului și a liniei de alimentare a acestuia.

Manevrele cu echipamentul montat în *IDC* pot fi executate numai de către personalul operativ al centralei sau stației.

Personalul afectat reparațiilor în afara obligațiilor sale poate fi antrenat la manevre în *IDC* numai ca ajutoare ale personalului operativ sub directa conducere a acestora.

La centrale și stațiile întreprinderilor industriale se află diferite construcții de instalații de distribuție capsulate.

10. Prevenirea avariilor în cazul punerii la pămînt monofazate

Exploatarea bobinelor de stingere. Alimentarea continuă cu energie electrică a consumatorilor depinde în mare măsură de starea izolației instalațiilor electrice ale plecărilor, iar în rețelele care nu funcționează cu neutrul legat la pămînt și de prezența bobinelor de stingere.

Scurtcircuitele sînt urmarea curenților capacitivi de valoare mare care apar la punerea la pămînt în rețelele ce nu sînt prevăzute cu dispozitive de compensare.

Micșorarea rigidității dielectrice a izolației mașinilor, liniilor, transformatoarelor și aparatelor favorizează șocurile dinamice din părțile conductoare, care iau naștere în cazul multiplelor scurtcircuite din rețele.

Apariția scurtcircuitelor bifazate și trifazate din rețele începe de regulă, cu deteriorarea izolației unei singure faze. În cazul unei puneri la pămînt datorită deplasării punctului neutru al rețelei, se produce supratensionarea fazelor sănătoase care duce la avarierea izolației celorlalte faze neavariate, favorizînd apariția scurtcircuitelor între faze.

Datorită supratensiunii care ia naștere în rețea în cazul punerii la pămînt prin arc intermitent sînt avariate punctele cu izolația slăbită ale mașinilor și ale restului echipamentului.

De regulă, defectarea izolației unei faze nu trebuie să provoace avarierea izolației celorlalte faze.

Bobina de stingere a arcului previne transformarea simplei puneri la pămînt monofazate în scurtcircuit bifazat și trifazat și de asemenea, micșorează supratensiunea internă din rețea. În cazul simplei puneri la pămînt în rețea în care există o bobină de stingere, această bobină creează un curent inductiv decalat în urmă față de tensiune, egal cu valoarea și punctul dat al rețelei cu curentul capacitiv, decalat înaintea tensiunii, pe care-l compensează.

În fig. 62 este reprezentată calea curentului de punere la pămînt a fazei *C* și a curenților capacitivi din

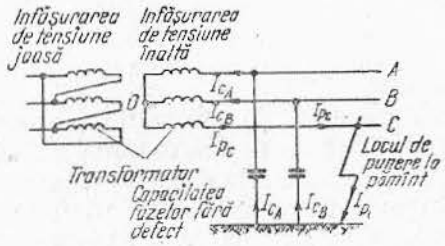


Fig. 62.

fazele *A* și *B*, cînd în rețea nu există bobine de stingere. În fig. 63 este reprezentată calea curentului de punere la pămînt a fazei *C* și a curenților capacitivi din fazele *A* și *B* cînd în rețea există o bobină de stingere.

În cazul simplei puneri la pămînt (monofazate) tensiunea față de pămînt a fazei avariate devine egală cu zero, iar tensiunea celorlalte două faze crește pînă la valoarea tensiunii între faze (de 3 ori mai mare decît tensiunea pe fază).

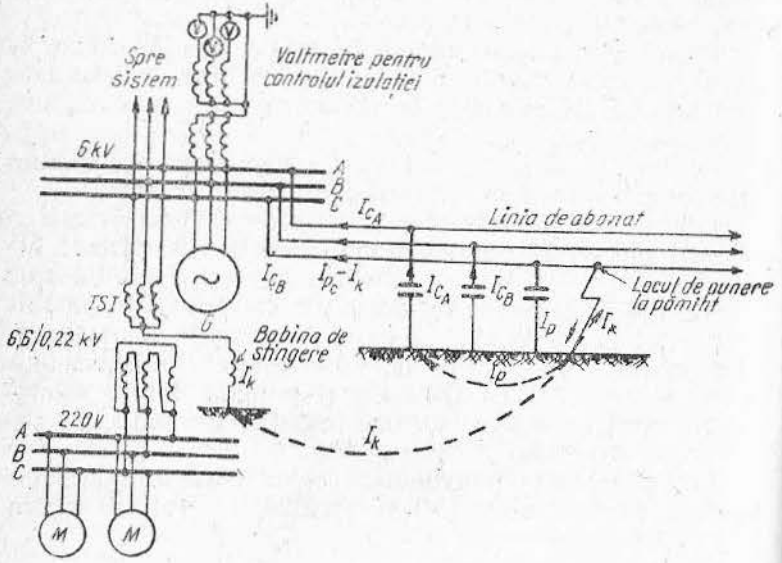


Fig. 63.

Valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt este cu atît mai mare, cu cît rețeaua este mai ramificată. De regulă, cînd în rețea există un curent capacitiv cu o valoare mai mare de 30 A, arcul electric care apare nu se stinge și atît datorită acțiunii termice a arcului asupra izolației dintre faze, cît și datorită supratensionării fazelor sănătoase, punerea la pămînt se transformă într-un scurtcircuit bifazat sau trifazat cu punere la pămînt. Pentru micșorarea curentului de punere la pămînt în rețelele de 6—35 kV se utilizează bobine de stingere.

În conformitate cu regulile de exploatare tehnică compensarea curentului capacitiv de punere la pămînt cu ajutorul bobinelor de stingere se utilizează:

— în rețelele cu tensiunea de 35 kV cu curenți de punere la pămînt mai mari de 10 A;

— în rețelele cu tensiunea de 15—20 kV cu curenți de punere la pămînt mai mari de 15 A;

— în rețele cu tensiunea de 6 kV cu curenți de punere la pămînt mai mari de 20 A;

— în rețelele cu tensiunea de 10 kV cu curenți de punere la pămînt mai mari de 30 A;

— în circuitele de 6—20 kV ale blocurilor generatorului-transformator cu curenți de punere la pămînt mai mari de 5 A.

În cazul punerii la pămînt monofazate în punctul neutru al înfășurării de tensiune ridicată a transformatorului apare tensiunea de fază, iar prin bobina de stingere spre pămînt trece curentul inductiv. Acest curent inductiv al bobinei de stingere este decalat cu 180° față de curentul capacitiv al rețelei. Dacă acordarea bobinei este astfel făcută, încît, curentul de punere la pămînt să fie egal cu curentul ce trece prin bobină, prin locul de punere la pămînt va trece un curent remanent mic ce se obține datorită curentului de fugă al cablurilor, cît și pierderilor din bobina de stingere. Astfel, compensarea curenților menționați mai sus preîntîmpină apariția unei supratensiui periculoase.

Trebuie reținut faptul că în prezența unei puneri la pămînt monofazate se interzice deconectarea bobinelor de stingere. Deconectarea bobinei poate provoca în acest caz trecerea punerii la pămînt monofazate într-un scurtcircuit polifazat datorită creșterii curentului de punere la pămînt.

Bobina de stingere trebuie să fie corect acordată. O dată cu schimbarea curentului capacitiv al rețelei date (prin modificarea configurației rețelei) trebuie modificată acordarea bobinei. În ultimul timp se folosește reglarea automată a acordării bobinei.

În conformitate cu RET se permite funcționarea în regim de punere la pămînt monofazată a liniilor aeriene, care aparțin unor rețele cu curenți mici de punere la pămînt; a liniilor de cablu, care fac parte dintr-o rețea cu neutrul izolat sau care are compensarea curentului

capacitiv; în rețelele cu tensiunea generatorului, însă nu pe o durată mai mare de 2 h.

Deconectarea bobinelor de stingere de la rețea pe perioada reparației atrage după sine îngreuierea condițiilor de lucru în raport cu regimul cînd bobina este conectată.

Acțiunea personalului la apariția punerii la pămînt monofazate. Dacă apare în rețea o punere la pămînt monofazată personalul operativ trebuie să procedeze imediat la căutarea locurilor de avarie sau la stabilirea zonei unde s-a produs punerea la pămînt. După apariția semnalului care indică o punere la pămînt în rețea, toate celelalte manevre din stația dată încetează pînă la îndepărtarea avariei, cu excepția manevrelor de avarie care nu suferă amînare. Probabilitatea apariției unei a doua puneri la pămînt crește o dată cu mărirea tensiunii de 1,73 ori în cazul unei puneri la pămînt nete și de pînă la 3,2 ori în cazul punerii la pămînt prin arc. De aceea localizarea și separarea zonei avariate trebuie efectuată cît mai repede posibil.

Pentru detectarea punerii la pămînt monofazate, pe panourile de comandă principale ale centralei și stației se montează cîte un voltmetru pe fiecare fază pentru controlul izolației. După schimbarea indicațiilor voltmetrelor se stabilește faza avariată.

Pentru determinarea precisă a locului avariat sau a zonei cu defect, în lipsa unui dispozitiv sigur de semnalizare a punerii la pămînt trebuie folosit cleștele pentru măsurarea curentului (Dietz).

La apariția unei puneri la pămînt monofazate, după indicațiile aparatelor trebuie să se stabilească caracterul punerii la pămînt — pasager, prin arc sau netă. În cazul punerii nete la pămînt și cînd clapeta releului de semnalizare a căzut la una din cele cîteva linii, personalul operativ al centralei și stației este obligat să comunice imediat evenimentul personalului operativ al rețelelor consumatorilor. După aceasta personalul centralei și stației examinează echipamentul electric propriu, cum și aparatele cuprinse în zona punerii la pămînt.

Dacă localizarea punerii la pămînt a durat mult timp trebuie efectuată examinarea bobinelor de stingere ale generatoarelor și transformatoarelor, a căror puncte neutre sînt conectate la acestea. În acest caz trebuie verificată temperatura straturilor superioare ale uleiului bobinei (care nu trebuie să depășească 100°C).

Stabilirea locului punerii la pămînt trebuie efectuată numai în zona rețelei cu legătură galvanică directă, inclusiv înfășurarea transformatorului dinspre rețeaua în care s-a produs punerea la pămînt.

Căutarea punerii la pămînt monofazate se efectuează în modul următor: prin măsurarea curentului cu ajutorul cleștelui, prin examinarea directă a instalației de distribuție, prin deconectarea succesivă pe intervale scurte de timp a tuturor plecărilor, prin transferarea succesivă a plecărilor de la un sistem de bare de lucru pe alt sistem de bare și invers, cu ajutorul releului de semnalizare, a cărui clapetă cade la punerea la pămînt a liniei.

În cazul detectării unei puneri la pămînt chiar în instalațiile de distribuție, personalul operativ trebuie să informeze imediat personalul de exploatare al rețelelor, după care se ia în comun o hotărîre privind separarea zonei avariate.

Pentru stabilirea locului punerii la pămînt prin deconectarea succesivă pe timp scurt sau prin transferarea plecărilor de pe un sistem de bare pe altul trebuie avut în vedere faptul că în rețea există linii ce funcționează în paralel. De exemplu, dacă un obiect este alimentat de la o stație prin două linii paralele, după cum este reprezentat în fig. 64, prin deschiderea pe timp scurt a întreruptoarelor liniilor L_1 și L_2 în stație nu este posibilă stabilirea locului de defect, deoarece acesta rămîne legat de circuitele stației prin barele colectoare ale obiectului.

Dacă punerea la pămînt s-a stabilit că este la generatorul a cărui protecție contra punerii la pămînt lucrează cu semnalizare, cu ajutorul unui voltmetru conectat la punctul neutru al generatorului se stabilește în care parte a înfășurării statorului se află locul defect.

Dacă locul de punere la pămînt a apărut în apropierea bornei unei faze sau în afara înfăşurării statorului, voltmetrul va indica tensiunea de fază totală.

Cu cît va fi locul de defect mai aproape de punctul neutru al înfăşurării statorului generatorului, cu atît mai mică va fi tensiunea indicată de voltmetru.

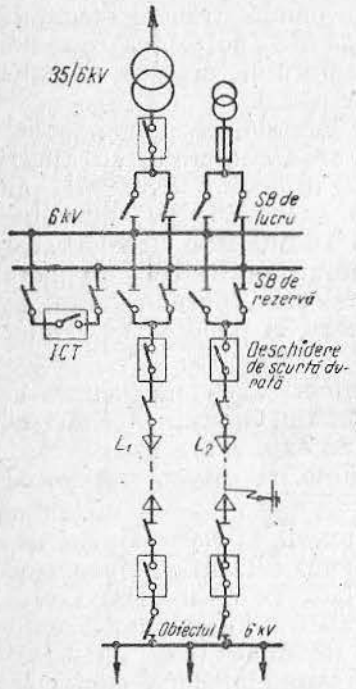


Fig. 64.

Dacă punerea la pămînt va fi la o depărtare de bornele statorului mai mică de 50% din numărul de spire, funcţionarea generatorului într-un astfel de regim se admite pe un interval de maximum 2 h. Dacă punerea la pămînt este mai aproape de punctul neutru decît în cazul de mai sus, generatorul trebuie deconectat de la reţea.

Dacă generatorul este lăsat în funcţiune, acesta trebuie supus unui control riguros pentru ca la apariţia unor criterii de avarie să fie deconectat imediat de la reţea.

În cazul apariţiei unei puneri la pămînt monofazate în reţeaua serviciilor interne ale centralei, personalul trebuie să stabilească dacă apariţia punerii la pămînt nu a coincis cu punerea în funcţiune a vreunui motor ce se alimentează de la reţeaua dată, şi dacă există defecte la motoarele în funcţiune trebuie examinată concomitent şi instalaţia de distribuţie a serviciilor interne.

De obicei locul de punere la pămînt în instalaţiile de distribuţie deschise poate fi stabilit prin examinarea

directă, iar la instalaţiile de distribuţie capsulate punerea la pămînt este scoasă în evidenţă prin apariţia fumului şi mirosului specific în încăpere.

Pentru localizarea şi separarea defectului se deconectează succesiv motoarele, transformatoarele, liniile prin deconectarea cărora nu se produce o încălcare a regimului de funcţionare normală a centralei.

Dacă după aceasta nu se va observa locul de punere la pămînt, este necesar să se pună succesiv în funcţiune agregatele de rezervă şi să se deconecteze cele de lucru. În acest caz unele motoare pot fi deconectate pentru un scurt timp şi apoi conectate cu verificarea concomitentă a indicaţiilor aparatelor pentru controlul izolaţiei.

Dacă după efectuarea tuturor măsurilor enumerate nu s-a stabilit încă locul de punere la pămînt se presupune că defectul se află în zona barelor colectoare sau pe plecarea transformatorului de alimentare.

În continuare trebuie pus în funcţiune transformatorul de rezervă al serviciilor interne, se verifică preluarea sarcinii de către acesta şi se deconectează transformatorul de lucru. Dacă în acest caz defectul nu a dispărut se consideră că acesta se află în zona barelor colectoare.

În acest caz detectarea şi înlăturarea defectului se face prin scoaterea în reparaţie a secţiei barelor după luarea măsurilor corespunzătoare privind asigurarea funcţionării neîntrerupte a centralei.

În cazul apariţiei unei puneri la pămînt monofazate, personalul operativ trebuie să aibă în vedere că aparatele pentru controlul izolaţiei pot da indicaţii greşite în următoarele cazuri: cînd capacităţile fazelor în raport cu pămîntul diferă mult între ele; cînd are loc arderea fuzibilului siguranţelor transformatorului de tensiune de la care se alimentează aparatele pentru controlul izolaţiei; cînd se întrerupe conductorul unei faze pe partea de tensiune înaltă a transformatorului de alimentare, conectat după schema stea-triunghi.

Apariţia punerii la pămînt pe barele colectoare, la tensiunea transformatorului şi la *ICT* reprezintă cel mai dificil caz de punere la pămînt.

Metodele de separare a locului de punere la pămînt. În cele ce urmează sînt prezentate cele mai caracteristice cazuri de apariţie a punerii la pămînt monofazate pe plecări şi metodele de separare a locului de defect.

Punerea la pămînt la borna întreruptorului transformatorului. La examinarea staţiei de 35 kV s-a observat o conturnare la pămînt la una din bornele întreruptorului de 35 kV a transformatorului T_2 (fig. 65).

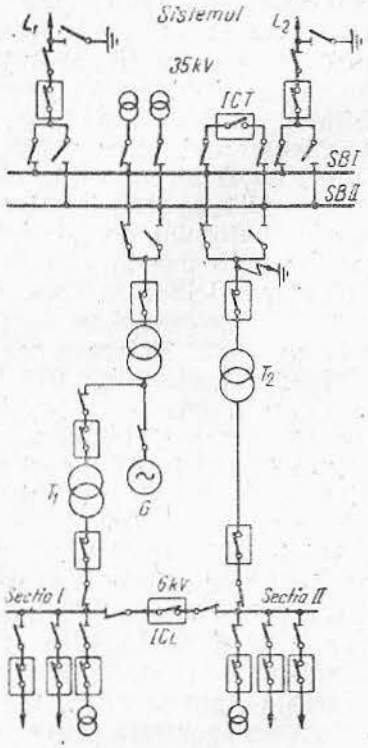


Fig. 65.

Separarea locului de punere la pămînt cu separatoarele de bare ale transformatorului T_2 este interzisă categoric în acest caz (după deschiderea întreruptoarelor transformatorului T_2) deoarece valoarea curentului de punere la pămînt nu este cunoscută.

Ordinea separării locurilor de punere la pămînt este următoarea:

— se deschid întreruptoarele transformatorului T_2 de pe partea de 6 şi 35 kV, verificînd în prealabil posibilitatea încărcării transformatorului T_1;

— se verifică cu tensiune sistemul *II* de bare de 35 kV prin *ICT* avînd conectată protecţia cu reglaje minime de curent şi timp;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acţionare al *ICT*;

— se transferă liniile L_1, L_2 şi blocul generator-transformator pe sistemul de bare *I*;

— se transferă alimentarea circuitelor de tensiune ale protecţiei şi ale aparatelor de măsurat de la transformatorul de tensiune al sistemului de bare *I* pe transformatorul de tensiune al sistemului de bare *II*;

— se deschide *ICT* şi prin aceasta se separă locul de punere la pămînt de restul instalaţiei de distribuţie în funcţiune;

— se scoate în reparaţie plecarea transformatorului T_2.

Puneri la pămînt pe barele colectoare. La examinarea staţiei de 10 kV s-a constatat că un izolator al fazei *A* de pe barele colectoare ale secţiei *I* a fost străpuns (fig. 66).

Succesiunea operaţiilor de separare a locului de defect stabilit este următoarea:

— se închide ICT_2 şi se deschide ICT_1, cum şi întreruptorul cuplei longitudinale *ICL*;

— pentru asigurarea alimentării normale a plecărilor conectate pe sistemul barelor de rezervă, nu se efectuează transferarea plecărilor de pe secţia *I* pe sistemul barelor de rezervă, după cum s-a arătat în exemplul precedent;

— se iau măsuri privind asigurarea consumatorilor de pe secţia *I* cu alimentare de la sursele de rezervă; dacă acestea sînt prevăzute cu rezervă; după aceasta prin deconectare succesivă se transferă toate plecările de pe secţia *I* pe sistemul barelor de rezervă (sau se acţionează în conformitate cu instrucţiunile locale);

— alimentarea protecției și a aparatelor de măsurat ale plecărilor de pe secția *I* se transferă pe transformatorul de tensiune al sistemului barelor de rezervă;

— se scoate în reparație secția *I*, respectînd toate regulile de tehnica securității muncii.

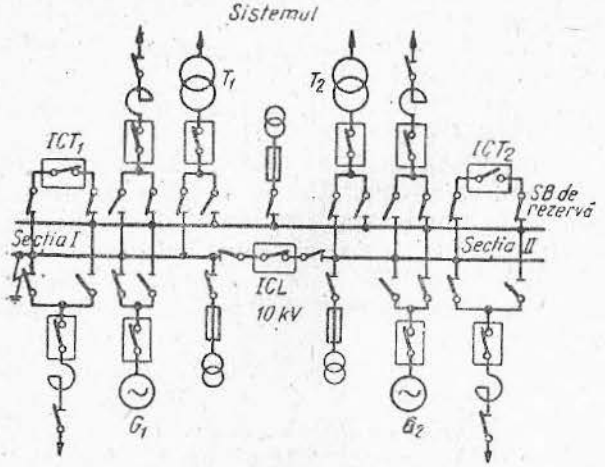


Fig. 66.

Este necesar, de asemenea, să se cheme de urgență personalul de conducere al atelierului sau stației; toate manevrele, în cazul cînd există un mijloc de comunicație, să se efectueze sub comanda personalului operativ superior, iar la efectuarea manevrelor să se ia în considerație prezența și rolul bobinei de stingere.

Puneri la pămînt pe barele colectoare ale serviciilor interne ale centralei. După indicațiile aparatelor s-a constatat prezența unei puneri la pămînt nete în *IDC* a serviciilor interne a centralei (fig. 67).

Voltmetrele conectate la barele de 3 kV ale secției *I* și *II* ale serviciilor interne ale centralei, indică prezența unei puneri la pămînt a fazei *B* (voltmetrul fazei *B* indică tensiunea nulă, iar voltmetrele fazei *A* și *C* indică tensiunea totală între faze).

Ordinea de stabilire a locului și de lichidare a defectului:

— se examinează cu atenție instalația de distribuție urmărindu-se dacă nu apar zgomote deosebite caracteristice descărcărilor electrice;

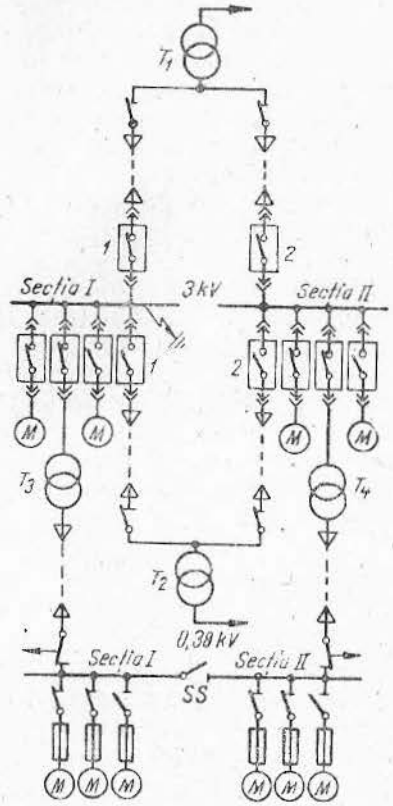


Fig. 67.

— se întreabă personalul atelierelor în care sînt instalate motoarele de 3 kV dacă nu s-a observat în funcționarea motoarelor unele anomalii sau dacă nu s-a pus în funcțiune un motor în momentul apariției punerii la pămînt;

— se stabilește pe care secție există punere la pămînt; pentru aceasta se închide întreruptorul *I* al transformatorului T_2 și se deschide întreruptorul *I* al transformatorului T_1; în acest caz fiecare din cele trei voltmetre ale secției la care nu există punere la pămînt, indică tensiunea de fază, adică 1,8 kV;

— dacă defectul a fost găsit în circuitele secției *I*, se pornesc pe rînd motoarele secției *II* și se deconectează motoarele în funcțiune de pe secția *I*.

În acest caz, cînd defectul a fost găsit direct pe barele secției *I*, operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se închide separatorul de secție *SS*;

— se deschide automatul și separatorul transformatorului T_3;

— se închide întreruptorul *I* al transformatorului T_2;

— se deschide întreruptorul *I* al transformatorului T_1;

— se reduce complet sarcina de pe secția *I* de 3 kV chiar pînă la încetarea funcționării cazanului din această secție, pornind în prealabil cazanul ce se alimentează de la secția *II*;

— se deschide întreruptorul *I* al transformatorului T_2 și se scoate în reparație secția *I* de 3 kV pentru înlăturarea defectului.

Punerea la pămînt pe borna transformatorului de tensiune la barele colectoare. La examinarea stației de 6 kV s-a constatat că borna fazei *B* a transformatorului de tensiune a conturnat la masă (fig. 68).

Deschiderea curentului de punere la pămînt este interzis de a se efectua cu separatoarele transformatorului de tensiune, deoarece valoarea curentului de punere la pămînt nu este cunoscută.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— la protecția *ICT* se stabilesc reglajele minime de curent și timp;

— se verifică cu tensiunea de 6 kV sistemul barelor de rezervă din închiderea *ICT*;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se închid separatoarele de bare ale transformatoarelor T_1 și T_2 ale liniilor L_1, L_2 și L_3 pe sistemul barelor de rezervă și se deschid separatoarele de pe sistemul barelor de lucru;

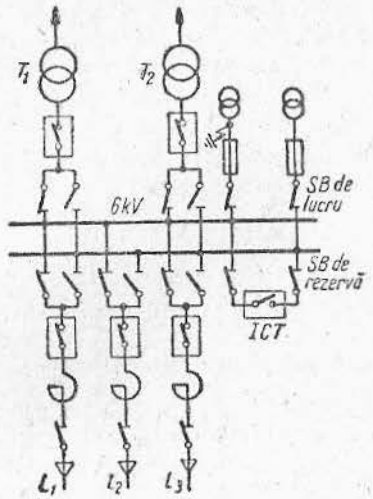


Fig. 68.

— se transferă alimentarea circuitelor de tensiune ale dispozitivelor de automatizare ale protecției și separatoarelor de măsurat de la transformatorul de tensiune al sistemului barelor de lucru la alimentarea de la transformatorul de tensiune al sistemului barelor de rezervă;

— se deschide *ICT*;

— se scoate în reparație transformatorul de tensiune al sistemului de lucru al barelor pentru înlăturarea defectului.

Punere la pămînt la întreruptorul instalației de distribuție capsulate. După indicațiile voltmetrelor pentru controlul izolației barelor de 3 kV ale *IDC* pentru serviciile interne s-a constatat prezența punerii la pămînt a fazei *A*.

Voltmetrul fazei *A* indică tensiunea nulă, iar voltmetrele fazelor *B* și *C* în loc de tensiunea de fază de 1,8 kV indică tensiunea totală între faze de 3 kV (fig. 69).

Ordinea de căutare și lichidare a defectelor:

— se previne personalul operativ al atelierelor în care sînt instalate motoarele de 3 kV că în rețeaua

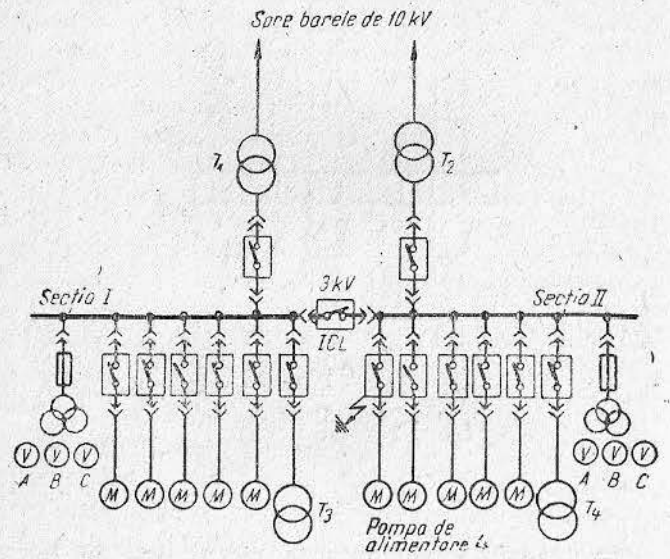


Fig. 69.

serviciilor interne de 3 kV există o punere la pămînt monofazată și pînă la înlăturarea defectului se interzice conectarea motoarelor de 3 kV de rezervă;

— se efectuează o examinare atentă a *IDC* urmărind dacă nu au apărut zgomote care să indice descărcări electrice în interiorul fiecărui dulap;

— să se stabilească cu ajutorul personalului din atelierele în care sînt montate motoare de 3 kV dacă în funcționarea motoarelor nu au fost constatate anomalii, dacă în momentul apariției punerii la pămînt nu au fost pornite motoarele; la verificare s-a stabilit că apariția punerii la pămînt a coincis cu pornirea motorului care s-a aflat în rezerva pompei de alimentare *4*;

— cu scopul de a localiza precis punerea la pămînt se deschide întreruptorul cuplei longitudinale de pe barele de 3 kV și se verifică cu ajutorul voltmetrelor de control la starea izolației secțiilor *I* și *II*, dacă nu a rămas punerea la pămînt pe secția *II* la care este conectat motorul pompei de alimentare *4*;

— dacă după deschiderea *ICL* de 3 kV punerea la pămînt a rămas pe secția *II* este necesar, după ce în prealabil se asigură alimentarea normală a cazanelor, să se deconecteze motorul pompei de alimentare *4*; la deconectarea motorului pompei de alimentare *4* dispare punerea la pămînt;

— se scoate în reparație plecarea motorului pompei de alimentare *4*, după care se măsoară izolația cablului de alimentare și a înfășurării statorului.

Concomitent se efectuează examinarea întreruptorului.

La examinarea întreruptorului VMG 133 s-a constatat că una din plăcile legăturilor flexibile (din foiță de cupru) ale fazei *A* (sub șurubul de strîngere) a plesnit, iar la închiderea întreruptorului s-a atins de tija metalică (deasupra izolatorului de porțelan) a mecanismului de acționare a întreruptorului și prin aceasta s-a creat un contact net la pămînt (fig. 70).

Puneri la pămînt pe liniile de plecare în cablu. La stabilirea locului de defect s-a constatat că este avariată faza *C* a liniei de plecare în cablu L_6 (fig. 71). La consumatorul care se alimentează prin linia L_6 nu există o sursă de alimentare de rezervă și la momentul dat consumatorul nu poate permite deconectarea liniei.

Pentru alimentarea continuă a consumatorilor și cu scopul de a preîntîmpina pericolul posibil pentru celelalte plecări ale instalației de distribuție de 6 kV se cere:

— să se verifice dacă nu se supraîncarcă transformatorul T_1 dacă se separă transformatorul T_2 și linia L_6 pentru funcționarea separată;

— se efectuează o examinare exterioară atentă a sistemului barelor de rezervă;

— la protecția maximală a *ICT* se stabilesc reglajele minime de curent și timp;

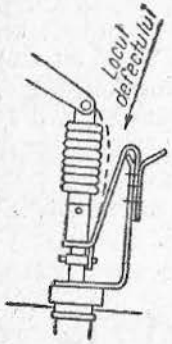


Fig. 70.

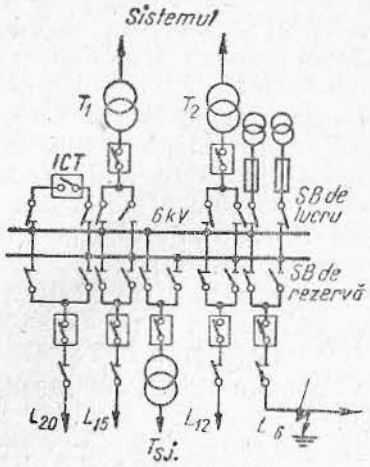


Fig. 71.

— se închide *ICT*;

— se verifică prezența tensiunii pe sistemul barelor de rezervă;

— se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare al *ICT*;

— se închid separatoarele de bare ale transformatorului T_2 și ale liniei L_6 pe sistemul barelor de rezervă și se verifică închiderea acestora;

— se deschid separatoarele de bare ale transformatorului T_2 și ale liniei L_6 de pe sistemul barelor de lucru și se verifică deschiderea acestora;

— se transferă alimentarea circuitelor de tensiune ale aparatelor de măsurat și ale dispozitivelor de protecție și automatizări ale transformatorului T_2 și ale liniei L_6 de la transformatorul de tensiune al sistemului barelor de lucru la transformatorul de tensiune al sistemului barelor de rezervă;

— se verifică cu ajutorul ampermetrului sarcinile transformatoarelor T_1 și T_2, cît și a *ICT*;

— se conectează curentul operativ la dispozitivul de acționare și se deschide *ICT*.

În acest mod alimentarea liniei de plecare L_6 cu defect se realizează de la transformatorul T_2 de pe sistemul barelor de rezervă, iar locul de punere la pămînt se separă de sistemul barelor de lucru, care se alimentează de la transformatorul T_1. După ce consumatorul admite, se scoate linia L_6 în reparație pentru înlăturarea defectului și se restabilește configurația stației de 6 kV.

11. Prevenirea defectelor și accidentelor în exploatarea instalațiilor de legare la pămînt

Instalațiile de legare la pămînt și condițiile impuse acestora. Una dintre particularitățile curentului electric o reprezintă faptul că omul nu percepe prin organele de simț pericolul care apare la atingerea sau la apropierea de elementele conductoare de curent etc.

Curentul electric nu manifestă în exterior pericol pentru om. De aceea, în exploatarea instalațiilor electrice trebuie avută în vedere totdeauna această particularitate a curentului electric, adică pericolul electrocutării.

Pentru a ne feri de electrocutare trebuie respectate cu strictețe regulile tehnicii securității muncii, regulile de exploatare tehnică, regulile de utilizare a mijloacelor de protecție.

Rezistența electrică a corpului omenesc se micșorează cînd omul se află într-un mediu umed, la temperatură ridicată, în atmosfera de praf bun conductor de electricitate, de masă metalică, de vapori sau gaze nocive, pe cîmp, cînd corpul este transpirat, cînd omul este obosit, în stare de ebrietate etc.

Trebuie avut în vedere că omul poate fi electrocutat nu numai la atingerea părților conductoare, ci și la atingerea pieselor instalațiilor electrice care în mod normal nu se află sub tensiune. Acest lucru se produce cînd corpul motorului, aparatului etc. se află sub tensiune datorită străpungerii izolației conductorului.

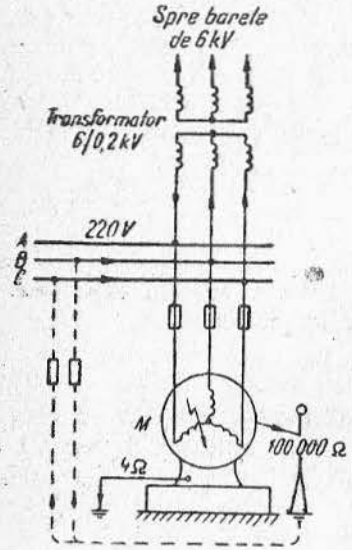


Fig. 72.

De aceea, în rețelele cu curenți mici de punere la pămînt adică acolo unde transformatoarele funcționează cu neutrul izolat (fig. 72) corpul receptorului de curent protejat se leagă la pămînt cu ajutorul unui conductor avînd o rezistență electrică foarte mică pentru care prin corpul omului care se atinge de carcasa mașinii nu poate trece un curent atît de mare, încît să poată să prezinte un pericol pentru viața omului.

Legătura la pămînt utilizată, de exemplu, în instalațiile electrice cu tensiunea pînă la 1 000 V și care are rezistență de maximum 4 Ω asigură pe deplin securitatea personalului de deservire contra tensiunii de atingere. Tensiunea de atingere care ia naștere în acest caz este atît de mică, încît nu prezintă nici un pericol pentru om.

Avantajul regimului de funcționare al rețelei avînd neutru izolat îl reprezintă faptul că toate punerile la pămînt monofazate nu necesită deconectarea imediată a liniei și permite continuarea funcționării în prezența acestui defect pînă la găsirea locului avariei și pînă cînd se pregătește consumatorul de energie electrică pentru deconectarea sau pînă la asigurarea alimentării de rezervă a consumatorului.

Pentru mărirea gradului de siguranță al funcționării sistemelor energetice și pentru continuarea alimentării consumatorilor, rețelele de 2—35 kV funcționează în regimul cu neutrul izolat sau compensat. În astfel de rețele protecția contra punerii la pămînt funcționează prin semnalizare.

Protecția contra punerii la pămînt cu declanșare se realizează:

— la generatoarele conectate la barele tensiunii de generator cu un curent capacitiv de 5 A și mai mare;

— la motoarele de înaltă tensiune cu un curent capacitiv necompensat de 10 A și mai mare;

— în rețele unde aceasta se impune din condițiile tehnicii securității muncii (de exemplu la liniile care alimentează exploatările carbonifere).

În rețelele cu curenți mari de punere la pămînt, adică în care neutrul transformatoarelor este legat la pămînt

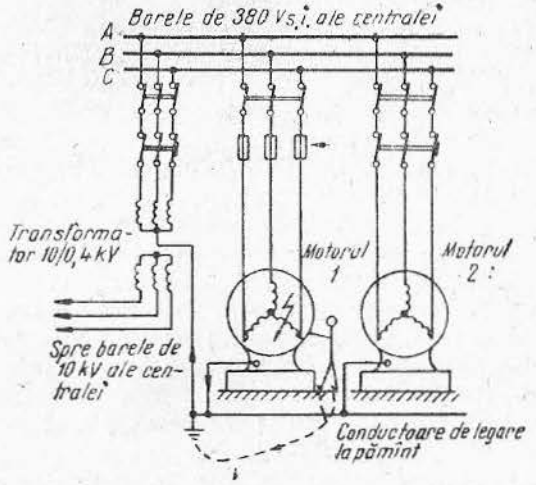


Fig. 73.

(fig. 73), securitatea personalului în cazul apariției tensiunii la carcasele metalice ale echipamentului, se asigură prin deconectarea rapidă automată a porțiunii avariate prin protecție.

Străpungerea izolației înfășurării fazei C a motorului *1* (fig. 73) duce la arderea siguranței acestei faze.

Porțiunea avariată, după cum se vede este instantaneu deconectată și prin aceasta se lichidează pericolul electrocutării la atingerea carcasei motorului. Dacă străpungerea izolației uneia din faze se va produce la motorul *2*, acesta nu va declanșa prin toate cele trei faze, deoarece motorul 2 nu este protejat cu siguranțe fuzibile, ci cu un automat avînd protecția corespunzătoare. Dacă motorul este protejat prin protecția de relee, în acest caz la străpungerea izolației înfășurării uneia din faze motorul va fi deconectat de asemenea pe toate cele trei faze prin relee.

Pentru asigurarea funcționării corecte a protecției toate carcasele receptoarelor de curent se leagă rigid cu punctul neutru legat la pămînt al transformatorului de alimentare, adică se creează un circuit metalic închis de scurtcircuitare.

În fig. 73 cu săgeți este reprezentat circuitul închis de trecere a curentului de scurtcircuit prin legătura la pămînt și prin corpul omului care întîmplător a atins carcasa motorului în momentul străpungerii izolației înfășurării statorului (faza C).

Legarea la pămînt utilizată în instalațiile electrice îndeplinește următoarele funcții:

— asigură securitatea oamenilor și a animalelor în cazul deteriorării izolației, al punerii la masă sau la pămînt a echipamentului;

— menține un anumit regim de funcționare al instalației, ca de exemplu, legarea la pămînt a neutrului transformatorului instalației de 110 kV și mai mult, care asigură cerințe mai puțin exigente pentru izolația sistemului; legarea la pămînt cu utilizarea pămîntului în calitate de conductor de lucru (două conductoare și pămîntul) în rețelele de curent alternativ de înaltă tensiune, la transportul electrificat (pămînt-conductor) etc.

În centrale și stații se leagă la pămînt următoarele: suporții și carcasele mașinilor electrice, transformatoarelor, întreruptoarelor și ale altor aparate electrice; dispozitivele de acționare ale aparatelor electrice; înfășurările secundare ale transformatoarelor de măsurat, dacă

aceasta se permite din condițiile protecției prin relee; carcasele panourilor de distribuție și ale pupitrelor de comandă; construcțiile metalice ale instalațiilor de distribuție închise și deschise și îngrădirile metalice ale părților conductoare de curent; corpul manșoanelor de cablu și mantalele metalice ale cablurilor de putere, de la ambele capete, descărcătoarele, eclatoare de protecție, paratrăsnetele și firele de gardă pe fiecare stîlp; stîlpii metalici ai liniilor aeriene.

Instalațiile de legare la pămînt din centrale și stații sînt astfel calculate și executate, încît, prin omul care atinge echipamentul și care întîmplător se află sub tensiune, să treacă un curent ce nu prezintă pericol pentru viața acestuia.

Drept legături de priză la pămînt artificiale trebuie utilizate țevi de oțel și oțel cornier; acestea sînt bătute în pămînt în jurul clădirii centrale și se leagă între ele cu bandă de oțel, oțel rotund etc. La aceste instalații de legare la pămînt se conectează toate părțile echipamentului ce trebuie legate la pămînt. Drept prize naturale se permite a se utiliza conductele pozate în pămînt și alte conducte metalice, construcțiile care au un contact bun cu pămîntul. Conductele lichidelor inflamabile, ale gazelor explozibile și inflamabile, cît și conductele acoperite cu izolație pentru protecția anticorozivă, se interzice a fi folosite drept priză de pămînt.

Contacte bune și sigure se obțin conectînd legătura la pămînt cu construcțiile, carcasele, aparatele și corpurile mașinilor prin sudură. Prinderea prin șuruburi a legăturii la pămînt se folosește în cazurile cînd în procesul de exploatare este necesară deconectarea de la pămînt.

Din considerente economice, cît și cu scopul de a mări rezistența mecanică, rețeaua de punere la pămînt se execută din oțel cu secțiunea calculată din punct de vedere al stabilității termice. Protecția anticorozivă a conductoarelor prizei de pămînt se face prin vopsirea cu lacuri speciale; legăturile pozate deschis se vopsesc cu culoare neagră.

Dacă se vopsesc cu altă culoare, în locurile de conectare și de derivație acestea trebuie să aibă minimum

două benzi de culoare neagră la distanță de 150 mm una de cealaltă.

Fiecare element legat la pământ al instalației electrice trebuie să fie conectat la priză sau la instalația de

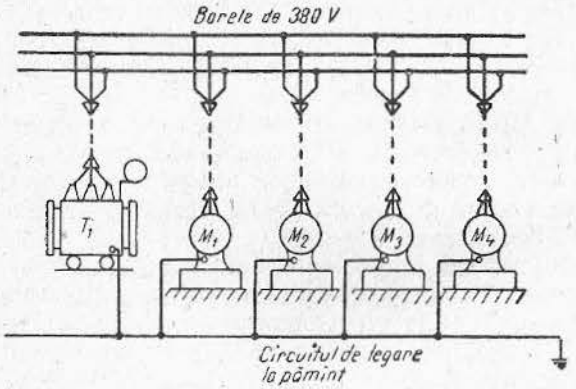


Fig. 74.

legare la pământ cu ajutorul unor conductoare de legare la pământ separate.

Nu este admisă conectarea în serie prin conductorul de legare la pământ a cîtorva elemente, deoarece la înlocuiri sau la reparații capitale ale echipamentului, cît și în caz de avariere a conductorului de legare la pământ toate elementele înseriate rămîn fără legătură la pământ.

În fig. 74 este reprezentat modul corect de legare a carcaselor motoarelor M_1 — M_4 și a transformatorului T_1 la circuitul general de legare la pământ.

În fig. 75 este reprezentat modul incorect de conectare a carcasei echipamentului la circuitul general de legare la pământ. După cum se vede, motorul M_3 este scos de pe fundație pentru înlocuire cu unul nou.

Înaintea scoaterii motorului de pe fundație șurubul care fixează conductorul de legare la pământ a fost scos de pe carcasa motorului. În urma acestui fapt carcasele motoarelor M_1 și M_2, cît și cuva transformatorului T_1 au rămas fără legătură la pământ.

Întreruperea conductorului neutru. De la rețelele cu patru conductoare, în afara consumatorilor de forță trifazați se alimentează și consumatori monofazați (iluminatul, unelte electrice, transformatoare de sudură etc.).

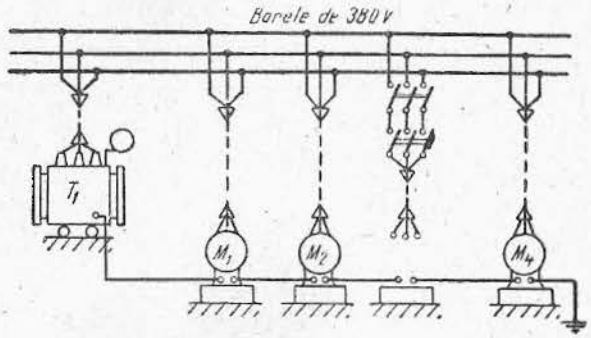


Fig. 75.

Pentru asigurarea securității de exploatare a unor astfel de rețele punctul neutru al sursei de alimentare și conductorul neutru se leagă la pământ după cum este reprezentat în fig. 76. Conductorul neutru se leagă la pământ a doua oară, cu toate că practic el are legătura cu pământul prin numeroasele construcții metalice, conducte, mantale metalice ale cablurilor etc.

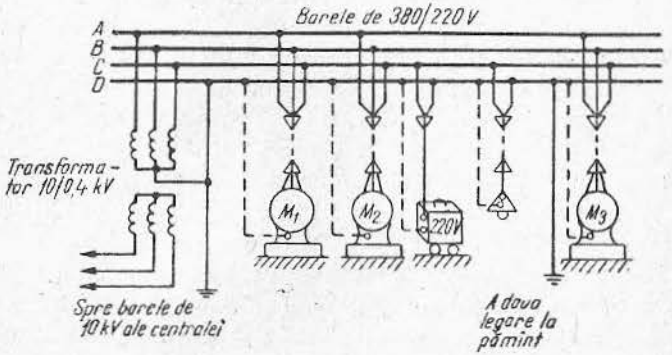


Fig. 76.

În cazul întreruperii conductorului neutru, legăturile rețelei de legare la pămînt cu neutrul transformatorului se păstrează. Datorită acestui fapt, tensiunea de atingere nu prezintă pericol pentru oameni. În afară de aceasta, întreruperea conductorului neutru se constată la timp

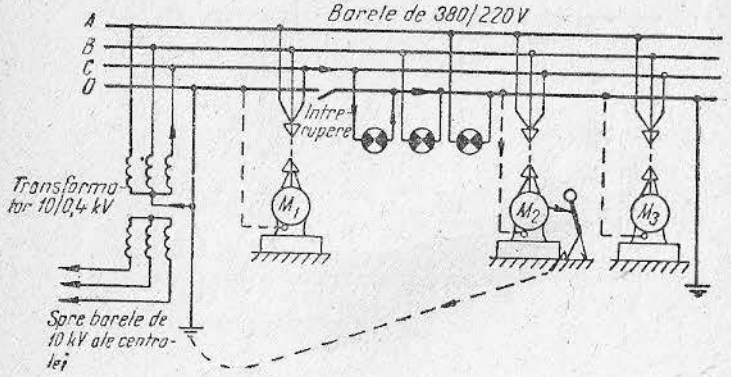


Fig. 77.

și se înlătură datorită încălcării regimului normal de funcționare a consumatorilor monofazați (lămpi electrice, aparate de sudură, unelte electrice etc.).

În cazul întreruperii conductorului neutru, pe acesta apare tensiunea, deci și pe toate carcasele legate, și care se află după locul de rupere, prin aparatele consumatoare monofazate conectate. Omul atingînd carcasa motorului legată la pămînt (fig. 77) se interpune în serie în circuitul de legare la pămînt cu lămpile.

Tensiunea față de pămînt și respectiv tensiunea de atingere depinde în acest caz de valoarea rezistențelor înseriate ale lămpilor electrice, ale legăturilor la pămînt ale conductorului neutru, ale rețelei de legare la pămînt, ale carcasei motorului și a corpului omenesc.

Personalul de exploatare se supune unui mare pericol dacă concomitent se produce întreruperea conductorului neutru și punerea la masa motorului după locul de întrerupere.

Punerea la masă la unul dintre consumatori care se află după locul de întrerupere duce la apariția potențialului de fază pe carcasele tuturor consumatorilor conectați la această parte a conductorului neutru, care este separată de punctul neutru legat la pămînt.

În acest caz întreaga porțiune de după locul de întrerupere, dacă punctul neutru este legat la pămînt trece la sistemul de legare la pămînt. Deconectarea porțiunii defecte poate fi asigurată numai cînd rezistența totală a tuturor legăturilor la pămînt, cît și a celorlalte legături la pămînt, care se află după locul de întrerupere este mică.

Coincidența practică a cazurilor arătate se poate produce foarte rar, deoarece întreruperea conductorului neutru se constată și se înlătură rapid, iar punerea la masă datorită străpungerii izolației duce la declanșare prin protecție. Totuși, măsura principală care se ia în vederea protejării oamenilor în cazul întreruperii conductorului neutru reprezintă o a doua legare la pămînt a conductorului neutru, lucru căruia trebuie să i se acorde o deosebită atenție de către personalul de exploatare.

Legături la pămînt mobile. Legăturile la pămînt mobile (sau cuțitele de legare la pămînt al separatoarelor) se folosesc în instalațiile electrice pentru prevenirea pericolului de electrocutare a personalului în cazul aplicării greșite a tensiunii la echipamentul scos în reparație sau cînd se induce tensiune în acest echipament.

Legăturile la pămînt mobile sînt conductoare de legare la pămînt și pentru scurtcircuitarea între ele a părților conductoare ale celor trei faze ale echipamentului, cît și din dispozitive de prindere pentru fixarea conductoarelor de legare la pămînt la bara și la părțile conductoare ce trebuie legate la pămînt.

Conductoarele de scurtcircuitare și de legare la pămînt trebuie executate din conductor flexibil de cupru avînd secțiunea care să satisfacă condițiile de stabilitate termică la scurtcircuite, însă nu mai mică de 25 mm^2. Limitele de secțiune impuse pentru aceste conductoare sînt condiționate de rezistența mecanică a acestora.

Secțiunea legăturilor mobile, folosite pentru descărcarea sarcinii capacitive de pe conductoare la executa-

rea încercărilor, pentru legarea la pămînt a aparatelor de încercat, cît și pentru legarea la pămînt a firelor de gardă pe stîlpii liniilor aeriene de 110 kV și mai mult, trebuie să fie de minimum 4 mm^2.

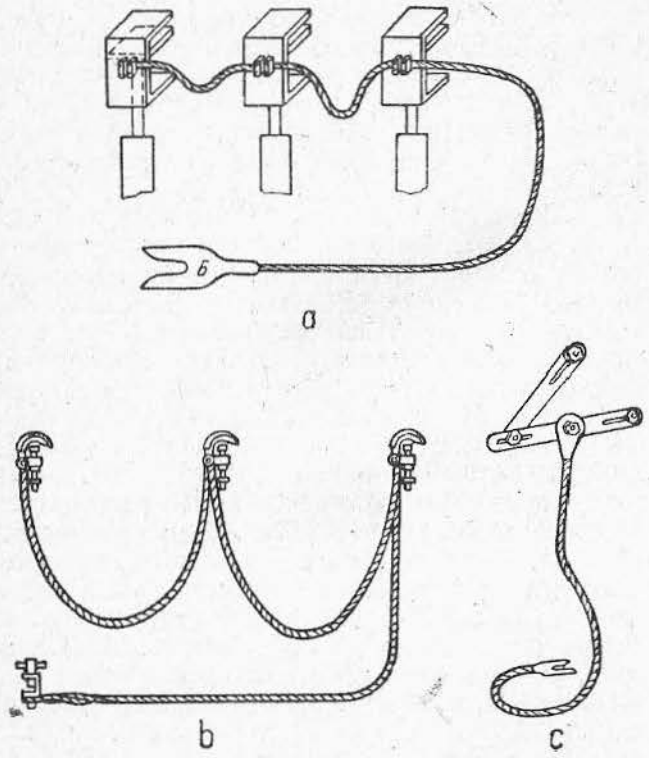


Fig. 78.

Toate elementele legăturilor mobile trebuie confecționate robust și numai prin presare, sudare sau legare cu lipire ulterioară.

Înaintea montării legăturile mobile trebuie verificată starea acestora; starea îmbinărilor de contact și a conductoarelor, prezența și starea numărului scurtcircuitorului.

Dacă scurtcircuitorul mobil în procesul de exploatare este supus acțiunii curentului de scurtcircuit, trebuie verificată starea conductoarelor acestuia pentru exploatarea ulterioară.

Scurtcircuitoarele mobile se folosesc în instalații electrice în următoarele cazuri:

— pentru legarea la pămînt a barelor plate ale instalației scoase în reparație (fig. 78, *a*);

— pentru legarea la pămînt a conductoarelor rotunde ale liniilor scoase în reparație (fig. 78, *b*);

— pentru legarea la pămînt a cablului deconectat de la alimentare și de la motor (fig. 78, *c*).

În practică au avut loc cazuri de electrocutare a personalului și de avariere a echipamentului în urma folosirii unor conductoare obișnuite drept scurtcircuitoare pentru părțile din instalație scoase în reparație. Legarea acestor conductoare la instalații prin răsucire nu creează un contact suficient, iar secțiunea lor nu satisface stabilitatea termică și robustețea mecanică.

Utilizarea pentru legarea la pămînt a conductoarelor înfășurărilor care au ars datorită curentului de scurtcircuit, în special în cazul legării la pămînt a cablurilor motoarelor scoase în reparație este categoric interzisă chiar în cazul unui contact bun.

Toate scurtcircuitoarele care se află în exploatare trebuie menținute sub control permanent.

Personalul operativ, în special la preluarea și predarea schimblului trebuie să cunoască care scurtcircuitoare și în ce loc sînt instalate sau la ce plecări aflate în reparație sînt închise cuțitele de legare la pămînt. Trebuie avut în vedere ca scurtcircuitoarele care nu sînt montate să se afle la locul lor.

Un deosebit control trebuie exercitat asupra scurtcircuitoarelor mobile defecte, care se predau pentru restabilirea personalului de reparație; acestea trebuie reparate în cel mai scurt timp și date în exploatare.

Evidența clară într-un jurnal special prin înregistrare a scurtcircuitoarelor instalate, cît și indicarea acestora pe schemele operative la timp asigură funcționarea fără avarii a centralelor și stațiilor.

Siguranţe de străpungere. În practică au avut loc cazuri de apariţia tensiunii înalte (peste 1 000 V) în circuitele de tensiune joasă (pînă la 1 000 V) în urma avarierii în transformator a izolaţiei dintre înfăşurarea de înaltă şi de joasă tensiune, cînd reţelele de joasă tensiune, care nu au neutrul legat net la pămînt, sînt legate prin transformator cu reţelele de înaltă tensiune.

Aceste cazuri produc străpungerea în proporţie de masă a izolaţiei echipamentului electric din reţelele de joasă tensiune şi accidentarea oamenilor ce ating acest echipament. Pentru preîntîmpinarea pericolelor arătate se folosesc siguranţe de străpungere.

Protecţia contra pericolului de trecere a tensiunii din reţeaua de înaltă tensiune în reţeaua de joasă tensiune se realizează prin legarea la pămînt a neutrului sau a unei faze a reţelei de joasă tensiune printr-o siguranţă de străpungere.

Siguranţa de străpungere este compusă din două discuri metalice, izolate una de alta cu o placă de mică prevăzută cu un orificiu. Unul din discuri este legat cu neutrul sau cu înfăşurarea de fază a transformatorului pe partea cu tensiunea pînă la 1 000 V, iar celălalt disc se conectează direct la instalaţia de legare la pămînt.

În condiţii normale reţeaua funcţionează ca şi cum ar fi izolată de pămînt. În cazul cînd tensiunea înaltă trece în reţeaua de joasă tensiune, cînd pe discul siguranţei de străpungere apare tensiunea de aproximativ 400—500 V spaţiile cu aer din placa de mică sînt străpunse şi se stabileşte contactul dintre înfăşurarea transformatorului şi pămînt.

În urma acestui fapt transformatorul se deconectează automat prin protecţie dinspre partea de înaltă tensiune sau se deconectează manual după apariţia semnalului „Pămînt".

Conectarea siguranţei de străpungere la neutrul transformatorului se realizează conectînd înfăşurarea de joasă tensiune a transformatorului în stea (fig. 79).

Conectarea siguranţei de străpungere la conductorul de fază se foloseşte în cazul cînd înfăşurarea de joasă tensiune a transformatorului este conectată în triunghi.

Schema de conectare a siguranţei de străpungere în acest caz este reprezentată în fig. 80.

La reparaţiile capitale şi curente ale transformatoarelor trebuie verificat concomitent şi starea siguranţei de străpungere. Prin deşurubarea buşonului trebuie stabilită

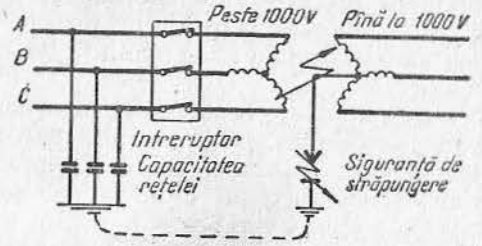


Fig. 79.

lipsa străpungerii spaţiului cu aer din stratul de mică. Dacă se constată o străpungere a siguranţei trebuie să se stabilească precis cauza funcţionării acesteia şi să se înlăture defectul.

Una din cauzele care provoacă funcţionarea greşită a siguranţelor o reprezintă starea necorespunzătoare a suprafeţei metalice a siguranţelor. De aceea la reparare suprafaţa metalică trebuie curăţată cu atenţie.

Supravegherea instalaţiilor de legare la pămînt. În procesul de exploatare, instalaţia de legare la pămînt trebuie supusă controlului. Diferitele defecte trebuie înlăturate repede, deoarece acestea prezintă pericolul elec-

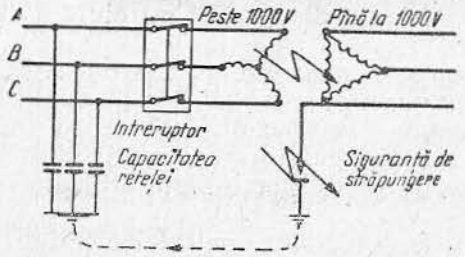


Fig. 80.

trocutării oamenilor sau a întreruperii funcționării echipamentului.

La examinarea echipamentului electirc trebuie verificată legarea la pămînt și starea de funcționare a îmbinărilor de contact.

La executarea lucrărilor de montaj și reparație în atelierele industriale ale centralelor uneori se deteriorează conductoarele de legare la pămînt fapt care trebuie luat în considerație.

Adesea după montare, reparare și încercarea echipamentului, din neglijența personalului, carcasa rămîne nelegată la pămînt. De aceea înaintea punerii în funcțiune a echipamentului, după montare și reparație, în mod obligatoriu trebuie verificată prezența și starea legării la pămînt. O deosebită atenție trebuie acordată stării suprafețelor de contact. O legare la pămînt care în exterior pare bine executată nu asigură îndeplinirea funcțiilor sale dacă starea îmbinării de contact va fi nesatisfăcătoare.

În cadrul reparațiilor curente și capitale ale echipamentului trebuie verificată și starea îmbinărilor de contact prinse cu șuruburi ale instalației de legare la pămînt.

Suprafețele care se prind cu șuruburi, înainte de a fi conectate la circuitele de legare la pămînt, trebuie curățate de praf, rugină și vopsea. Trebuie avut în vedere că aceste suprafețe să nu fie vopsite la repararea circuitelor electrice care se conectează la această instalație.

Cînd calitatea contactelor de legare la pămînt nu prezintă suficientă siguranță trebuie efectuată o verificare, măsurînd rezistența de contact cu ajutorul unui aparat de măsurat.

La exploatarea mașinilor rotative și a aparatelor supuse vibrațiilor, starea îmbinărilor de contact pentru legarea la pămînt trebuie controlată cu mai multă atenție.

Pentru a evita deteriorarea contactului de legare la pămînt datorită vibrațiilor trebuie utilizate contrapiulițe etc.

În încăperile atelierelor centralelor se întîlnesc uneori legături la pămînt care au unele porțiuni ascunse în fundația agregatului, sub dușumea, în perete etc. Starea

unor astfel de instalații de legare la pămînt poate fi stabilită nu prin examinarea exterioară ci numai prin măsurarea rezistenței legăturii la pămînt cu ocazia reparării agregatului.

Uneori în centrale, la conductoarele de legare la pămînt se conectează aparate de sudură cu curenți de sarcină mari, fapt care provoacă căderi însemnate de tensiune în rețea și apariția unei tensiuni în raport cu pămîntul la carcasele legate la pămînt ale echipamentului.

Cu toate că valoarea acestei tensiuni nu prezintă pericol pentru personalul de exploatare, la atingerea carcasei echipamentului se creează o atmosferă de neliniște a personalului datorită prezenței tensiunii la carcasă.

În afară de aceasta, conectarea aparatelor de sudură cu curenți de sarcină mari la conductoarele de legare la pămînt poate duce la defectarea acestora din urmă.

Experiența de funcționare arată că pentru exploatarea cu succes a instalațiilor de legare la pămînt este necesar să se verifice periodic în întreaga centrală sau stație, dacă toate carcasele, șasiile și cuvele echipamentului sînt legate la pămînt, integritatea conductelor de legare la pămînt, dacă nu este defectuoasă conectarea acestora, dacă legăturile nu sînt supuse coroziunii etc.

12. Lichidarea avariilor în partea electrică a centralelor și stațiilor

Acțiunea personalului la apariția avariilor. În toate cazurile de apariție a avariilor pe partea electrică a unei centrale sau a unei stații, personalul trebuie să verifice dacă cauza avariei nu o reprezintă electrocutarea vreunei persoane, dacă nu s-a produs în urma avariei un incendiu, și dacă sînt alimentate serviciile interne și liniile de plecare de importanță deosebită.

În faza următoare personalul trebuie să acționeze în următoarea succesiune:

— dacă în urma avariei la centrală sau separat la secții de bare (zone) care nu funcționează sincron, se

reglează frecvența și tensiunea independent pe fiecare secție (zonă);

— se verifică dacă nu este supus pericolului echipamentul care a rămas în funcțiune și dacă se consideră necesar se conectează echipamentul de rezervă;

— se stabilesc pe baza semnalizărilor, a indicațiilor releelor de semnalizare și a comunicărilor personalului care este sursa de apariție a avariei;

— se stabilește precis care elemente ale instalației de distribuție sînt afectate de avarie;

— se comunică scurt și precis datele referitoare la avarie personalului superior;

— în timpul lichidării avariei trebuie să se acționeze precis, astfel încît, cu acțiuni grăbite și nejudicioase să nu se agraveze avaria;

— dispozițiile operative trebuie formulate scurt, clar cerîndu-se repetarea lor și urmărindu-se succesiunea operațiilor executate;

— la executarea manevrelor operative este obligatoriu să se introducă modificările corespunzătoare în protecția prin relee și dispozitive de automatizare.

Acțiunile personalului trebuie să fie în perfectă concordanță cu RET, NTS, cît și cu instrucțiunile locale privind lichidarea avariilor.

Acțiunea personalului la deconectarea automată a instalațiilor. În cazul deconectării automate a unei linii aeriene, a unui transformator, generator, motor sau la dispariția tensiunii la bare și în cazul separării în zone ce nu funcționează sincron la o centrală sau stație, personalul trebuie să acționeze în următoare succesiune.

Deconectarea automată a unei linii aeriene. În toate cazurile cînd datorită avariei se produce deconectarea unei linii și consumatorii rămîn fără alimentare, această linie trebuie imediat reconectată. Dacă se constată că conectarea liniei s-a făcut pe un scurtcircuit, este necesar ca linia să fie deconectată manual înainte de a funcționa protecția. Criteriul prezenței scurtcircuitului îl formează creșterea mare a curentului însoțită de scăderea concomitentă a tensiunii în momentul cuplării.

Linia aeriană poate fi deconectată automat și în urma unei funcționări greșite a protecției prin relee, cît și datorită unui scurtcircuit care dispare după rămînerea liniei fără tensiune.

Deconectarea automată a unui transformator. În cazul deconectării de avarie a unui transformator este necesar:

— să se verifice dacă datorită acțiunii AAR se asigură alimentarea secției serviciilor interne sau a barelor instalației de distribuție, pe care a funcționat transformatorul ce a fost deconectat prin avarie;

— să se verifice dacă sarcina transformatorului care a rămas în funcțiune se află în limite admisibile;

— să se stabilească cauza deconectării transformatorului.

În cazul deconectării transformatorului și a întreruperii alimentării consumatorilor se permite o reconectare a transformatorului prevăzut cu protecție diferențială și de gaze, dacă deconectarea s-a produs prin acțiunea uneia dintre aceste protecții, numai dacă nu există criterii evidente de avarie, iar cealaltă protecție nu a funcționat. În cazul cînd se observă manifestări care indică avarierea interioară a transformatorului, acesta se scoate în reparație pentru înlăturarea defectului.

Dacă transformatorul care a rămas în funcționare se încarcă peste limita admisibilă, personalul trebuie să limiteze sau să deconecteze sarcina consumatorilor în conformitate cu diagrama de deconectare a plecărilor pentru cazul avariilor locale.

Dacă după reconectare transformatorul rămîne în funcțiune, trebuie clarificată cauza care a produs deconectarea acestuia.

Deconectarea automată a unui generator. În cazul cînd datorită unei avarii a fost deconectat un generator este necesar:

— să se verifice dacă este asigurată alimentarea secției serviciilor interne în cazul cînd această secție a fost alimentată de la generatorul deconectat;

— se ridică sarcina la generatoarele ce au rămas în funcțiune pînă la sarcina prescrisă prin diagrama de sarcină;

— să se regleze tensiunea la barele generatorului deconectat;

— să se verifice dacă deconectarea generatorului nu a produs supraîncălzirea generatoarelor și transformatoarelor rămase în funcțiune;

— să se stabilească cauza deconectării generatorului; în particular să se verifice dacă nu a funcționat automatul de supraturație al turbinei, dacă nu s-a produs deconectarea generatorului în urma unei acțiuni greșite a personalului, să se controleze după indicațiile aparatelor înregistratoare dacă deconectarea nu a fost precedată de o scădere puternică a tensiunii la bare, ceea ce indică prezența unui scurtcircuit, și să se stabilească care protecție a provocat deconectarea generatorului.

Dacă turbogeneratorul a fost deconectat prin protecția maximală de curent sau dacă hidrogeneratorul a fost deconectat datorită pierderii sarcinii prin acțiunea protecției maximale de tensiune, generatorul trebuie reconectat imediat la rețea și se trece la ridicarea sarcinii, după care se examinează plecările de la generator. Dacă generatorul a fost deconectat prin protecția contra defectelor interioare, după deschiderea separatoarelor de bară ale acestuia, trebuie măsurată rezistența de izolație a înfășurărilor statorului și ale rotorului și se examinează cu atenție generatorul și toate elementele sale ce intră în zona protecției date.

Dacă în urma verificării rezultă că nu există criterii care să indice deteriorarea generatorului sau elementelor sale, iar izolația înfășurărilor este normală, tensiunea la generator trebuie urcată de la zero, urmărind în acest caz indicațiile aparatelor. În timpul acestei operații instalația de stingerea incendiului a generatorului trebuie să fie în stare de pregătire.

Dacă la creșterea tensiunii la generator nu se constată defecte, generatorul se conectează la rețea.

Dacă la deconectarea generatorului au fost constatate defecte la ADR, conectarea generatorului la rețea este interzisă pînă la înlăturarea defectului.

Deconectarea de avarie a unui motor. După fiecare deconectare a unui motor trebuie conectat motorul de

rezervă, dacă manevra se poate efectua fără încălcarea procesului tehnologic. Motorul care a fost deconectat trebuie examinat, i se verifică izolația pentru stabilirea și înlăturarea cauzelor deconectării.

În cazul cînd lipsește motorul de rezervă sau nu este posibilă conectarea rapidă a acestuia fără afectarea procesului tehnologic se permite o reconectare rapidă a motorului care a fost deconectat cu excepția cazului cînd s-au observat criterii clare de scurtcircuit sau de deteriorare.

Motorul trebuie imediat oprit în cazul cînd s-au produs accidente cu personalul sau cînd s-a defectat mecanismul acționat.

Motorul trebuie oprit după pornirea agregatului de rezervă în următoarele cazuri: vibrații puternice care amenință integritatea motorului; apariția unui zgomot anormal în motor sau a unui miros de izolație arsă; apariția flamei sau a fumului din motor sau din dispozitivul de pornire; încălzirea lagărelor peste temperatura admisă; curentul statornic este peste valoarea nominală pe un interval de timp mai mare decît cel prevăzut în normă.

Reconectarea motorului după deconectarea de avarie, cînd există un motor de rezervă, se poate efectua doar după examinarea primului.

În timpul unui scurtcircuit în sistemul serviciilor interne ale centralei se interzice intervenția în decurs de 1 min în funcționarea motorului.

Asupra oricărei deconectări a motorului prin protecție sau de avarie manual, trebuie informat imediat personalul operativ superior.

Dispariția tensiunii pe bare. Aplicarea tensiunii pe bare rămase fără tensiune se face manual, direct printr-un întreruptor cu excepția cazurilor cînd în momentul dispariției tensiunii pe bare în instalațiile de distribuție se află oameni. În acest caz aplicarea tensiunii pe bare trebuie efectuată numai după clarificarea situației personalului care se află în stație. Aplicarea tensiunii pe bare se efectuează fiind deschise întreruptoarele plecărilor rămase fără tensiune.

Aplicarea tensiunii pe barele de 6 și 10 kV trebuie efectuată de la surse de alimentare ce au o inductanță,

de exemplu printr-un transformator, reactor de secție etc. Dacă la aplicarea tensiunii pe bare există un scurtcircuit, întreruptorul închis trebuie imediat deschis manual fără a se aștepta funcționarea protecției.

În cazul aplicării reușite a tensiunii se pun treptat în funcțiune toate liniile începînd cu consumatorii de mare importanță, verificînd nivelul de tensiune pe bare, pentru a evita căderea tensiunii la repornirea simultană a mai multor consumatori.

Dacă la conectarea liniei următoare, pe aceasta există un scurtcircuit, întreruptorul acestei linii trebuie deschis imediat manual fără să se aștepte funcționarea protecției prin relee, după care se pun în funcțiune toate celelalte linii; linia avariată se scoate în reparație.

Dacă dispare tensiunea pe barele de înaltă tensiune a unei stații coborîtoare, alimentate radial, și nu a lucrat nici o protecție în stație, personalul trebuie să comunice aceasta personalului operativ superior și să aștepte aplicarea tensiunii. În acest caz se poate admite să nu se deschidă nici un întreruptor.

Separarea centralei în părți ce funcționează nesincronizat. În toate cazurile de separare a centralei în părți ce funcționează nesincronizat, personalul trebuie să efectueze sincronizarea acestor părți.

Dacă în urma avariei în centrală, aceasta se separă de sistemul energetic, iar pe liniile ce leagă centrala de sistemul energetic se păstrează tensiunea, personalul trebuie să sincronizeze imediat centrala cu sistemul energetic. După sincronizare trebuie restabilit regimul de funcționare al echipamentului.

În condiții de avariere sincronizarea este permisă pentru acele diferențe de tensiune ce asigură funcționarea normală a dispozitivului de sincronizare și care trebuie precizate prin instrucțiuni de exploatare.

Succesiunea operațiilor de lichidare a avariilor. În continuare se analizează unele dintre cele mai frecvente exemple de avarie din instalațiile electrice și succesiunea operațiilor de lichidare a acestora.

A fost deconectată cu șoc una din liniile alimentare. În urma deconectării liniei L_2, linia L_1 s-a supraîncărcat (fig. 81).

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se anulează semnalizarea de avarie și se comunică personalului superior deconectarea liniei L_2;

— se precizează prin personalul superior dacă pe linia L_2 s-a păstrat tensiunea sincronă cu cea a liniei L_1; dacă pe linia L_2 există tensiune, se conectează L_2 pentru funcționarea în paralel cu linia L_1; dacă linia L_2 rămîne fără tensiune personalul procedează în modul următor:

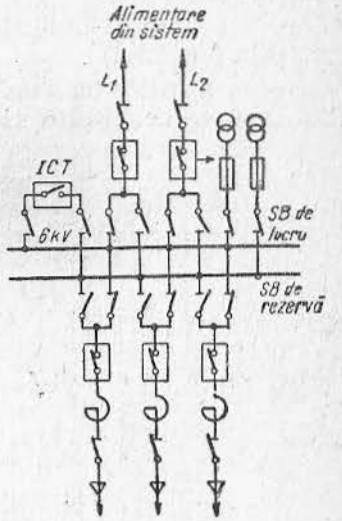


Fig. 81.

— în baza indicațiilor clapetelor căzute ale releelor de semnalizare se stabilește prin care protecție s-a produs deconectarea liniei;

— se descarcă linia L_1 pînă la sarcina admisibilă în regim de durată prin deconectarea liniilor de plecare conform diagramei de deconectare a consumatorilor în cazul avariilor locale;

— se examinează întreruptorul și toate legăturile liniei L_2 de pe teritoriul stației;

— dacă în stație nu se sesizează nici un defect la instalațiile respective, se raportează personalului operativ superior; se va repune linia sub tensiune din capătul celălalt (numai în cazul liniilor aeriene); dacă linia rămîne sub tensiune se procedează ca la a doua operație;

— dacă linia nu a rămas sub tensiune (indiciu de defect permanent), la indicația personalului operativ superior se scoate linia L_2 în reparație, respectînd toate normele de tehnica securității și instalațiile electrice;

— se iau măsuri privind lichidarea urmărilor avariilor pe linia L_2 și se aplică tensiunea consumatorilor deconectați.

A dispărut tensiunea pe linii. Datorită unei avarii din sistem a dispărut tensiunea pe liniile de 35 kV de alimentare a stației (fig. 82).

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se comunică personalului superior cu privire la dispariția tensiunii în stație și se declanșează întreruptoarele din stație;

— cu ajutorul indicațiilor voltmetrelor se urmărește apariția tensiunii;

— la apariția tensiunii se repun treptat sub tensiune liniile și se urmărește sarcina liniilor de plecare.

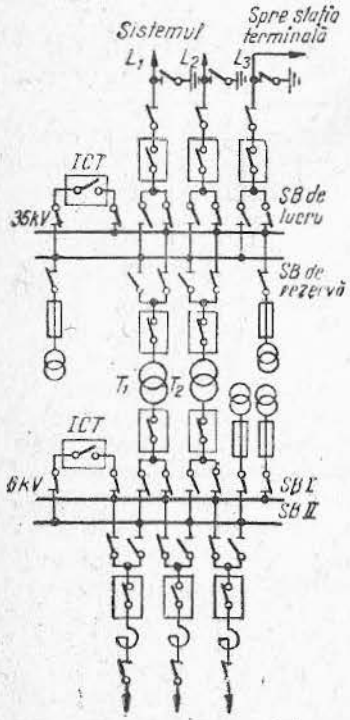


Fig. 82.

Barele colectoare ale centralei au rămas parțial fără tensiune. În urma unei avarii a rămas fără tensiune sistemul de bare *II* din instalațiile de distribuție de 10 kV a centralei (fig. 83).

Pînă la apariția avariei, centrala a funcționat după următoarea schemă:

— pe sistemul de bare *I* din instalația de distribuție de 10 kV sînt conectate generatorul G_1 și transformatorul T_1;

— pe sistemul de bare *II* din instalația de distribuție de 10 k V sînt conectate generatorul G_2 și transformatorul T_2;

— pe secția *I* din instalația de distribuție capsulată de 3 kV este conectat transformatorul T_3 ce se alimentează de pe sistemul de bare *I* din stația de 10 kV.

— pe secția *II* din instalația de distribuție capsulată 3 kV este conectat transformatorul T_4 care se alimentează de pe sistemul de bare *II* din stația de 10 kV;

— întreruptorul cuplei longitudinale al instalației capsulate de 3 kV este deschis, iar întreruptorul cuplei transversale din stația de 10 kV este închis.

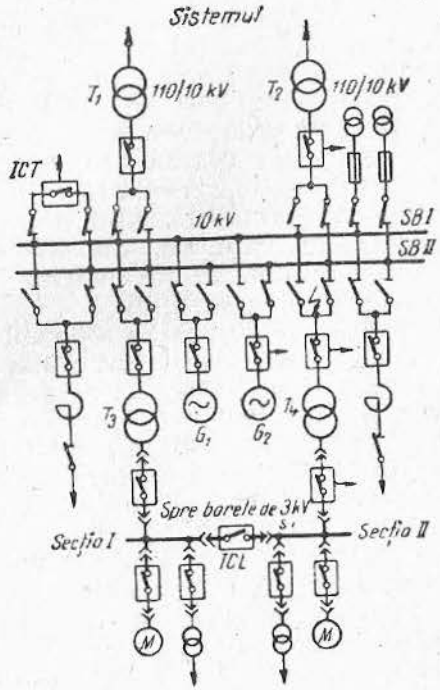


Fig. 83.

Printr-un șoc puternic declanșează automat întreruptoarele transformatorului T_2 dinspre stația de 10 kV, al generatorului G_2, al cuplei transversale *ICT* și al transformatorului T_4. Prin AAR anclanșează automat *ICL* din instalația de distribuție capsulată de 3 kV.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se anulează semnalul acustic de avarie și se comunică personalului operativ;

— se verifică dacă echipamentul conectat pe sistemul de bare I funcționează normal și dacă este asigurată alimentarea serviciilor interne ale centralei;

— după clapetele căzute ale releelor de semnalizare se stabilește că declanșările s-au produs în urma funcționării următoarelor protecții: la generatorul G_2 — protecția maximală, la transformatorul T_2 — protecția barelor, la *ICT* — protecția barelor, la transformatorul T_4 — AAR prin curent și tensiune minimă; întreruptorul cuplei longitudinale din stația de 3 kV a anclanșat datorită automatului de anclanșare de rezervă;

— se dau indicații de menținere a vitezei de rotație a generatorului G_2, iar cazanele, descărcate în urma deconectării generatorului, să se mențină în stare de pregătire pentru preluarea sarcinii;

— se aplică direct tensiunea pe sistemul de bare *II* închizîndu-se întreruptorul transformatorului T_2 din stația de 10 kV (în stație nu trebuie să existe oameni);

— fără a aștepta funcționarea protecției se deschide întreruptorul de 10 kV al transformatorului T_2 dacă din cauza scurtcircuitului net pe bare (acul ampermetrului a deviat pînă la opritor, iar voltmetrul indică practic zero);

— se examinează cu atenție echipamentul sistemului de bare *II* din stația de 10 kV și se constată locul de scurtcircuit pe furca separatoarelor de bare ale transformatorului T_4;

— se deschid separatoarele de bare ale transformatorului T_4 de pe sistemul de bare *II*;

— se aplică tensiunea pe sistemul de bare *II* prin anclanșarea întreruptorului de 10 kV al transformatorului T_2.

Urmărind sarcina transformatorului T_2:

— se sincronizează și se conectează generatorul G_2 pe sistemul de bare *II*;

— se verifică sincronismul tensiunilor de pe sistemele de bare *I* și *II* și se închide *ICT*;

— se examinează întregul echipament din stațiile centralei și se scoate în reparație celula transformatorului T_4.

Este interzisă lăsarea alimentării srviciilor interne ale centralei de la un singur transformator fără sursă de rezervă pe o perioadă mai lungă; defectele transformatorului T_4 trebuie înlăturate în termen scurt.

Au rămas complet fără tensiune barele colectoare ale centralei. Pe sistemul barelor de lucru din stația de 10 kV sînt conectate generatoarele G_1 și G_2 și transformatoarele T_1 și T_2 (fig. 84).

În momentul apariției avariei generatoarele G_1 și G_2 au funcționat cu sarcină totală. Restul sarcinii consu-

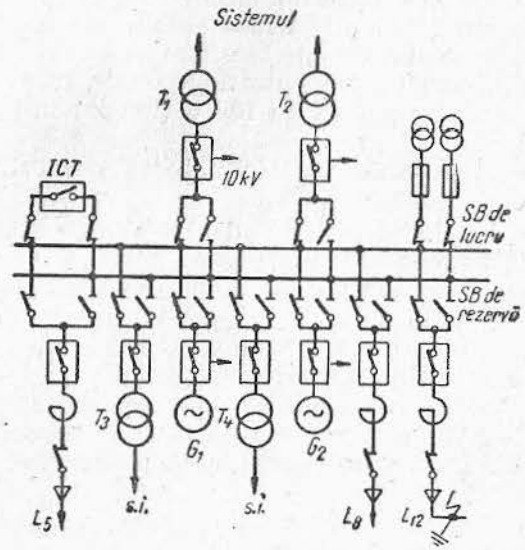


Fig. 84.

matorilor a fost preluată de transformatoarele T_1 și T_2, care au fost încărcați la 50% din puterea nominală.

Prin șoc au declanșat întreruptoarele generatoarelor G_1 și G_2, cît și întreruptoarele transformatoarelor T_1 și T_2 de pe partea de 10 kV. Barele colectoare ale centralei rămîn fără tensiune.

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul sînt următoarele:

— se anulează semnalizarea de avarie și se comunică personalului superior privitor la avaria din centrală;

— după clapetele căzute ale releelor de semnalizare se stabilește care protecție a produs deconectarea generatoarelor și transformatoarelor (deconectarea surselor de alimentare s-a produs în urma acțiunii protecției maximale de curent, protecția barelor nu a funcționat, lipsesc semnele de defecte în instalația de distribuție: zgomot, fum, flăcări etc.; în baza acestora personalul a tras concluzia că scurtcircuitul nu este pe bare, ci pe una din liniile de plecare din stația de 10 kV);

— se deschid întreruptoarele tuturor plecărilor ce se alimentează de pe sistemul barelor de lucru;

— se pune direct sub tensiune sistemul barelor de lucru prin anclanșarea întreruptoarelor transformatoarelor T_1 și T_2 pe partea de 10 kV (tensiunea pe bare se menține);

— se conectează transformatoarele serviciilor interne;

— se dau indicații privind alimentarea cazanelor și rotirea turbogeneratoarelor;

— se conectează liniile de plecare (în cazul cînd la conectarea uneia dintre linii se produce un șoc puternic de curent cu scăderea tensiunii pe bare, ceea ce indică un scurtcircuit, întreruptorul acelei linii trebuie imediat deschis; totodată trebuie să se deosebească șocul de curent datorită sarcinii consumatorilor alimentați prin această linie, care nu trebuie luat drept curent de scurtcircuit;

— se sincronizează și se conectează generatoarele G_1 și G_2 care preiau sarcina;

— se examinează echipamentul din stația de 10 kV și se scoate în reparație linia L_{12} pentru înlăturarea defectului; concomitent se verifică protecția prin relee a liniei, care a refuzat să funcționeze.

Separarea automată a centralei și stației de sistemul energetic. Schema electrică a centralei și stației (fig. 85) este legată de sistemul energetic prin două linii aeriene

L_1 și L_2 și prin două transformatoare cu trei înfășurări (110/35/10 kV) T_1 și T_2.

Pe secția *I* din stația de 10 kV sînt conectate transformatorul T_1 și generatorul G_1 pe secția *II* din stația de 10 kV sînt conectate transformatorul T_2 și generato-

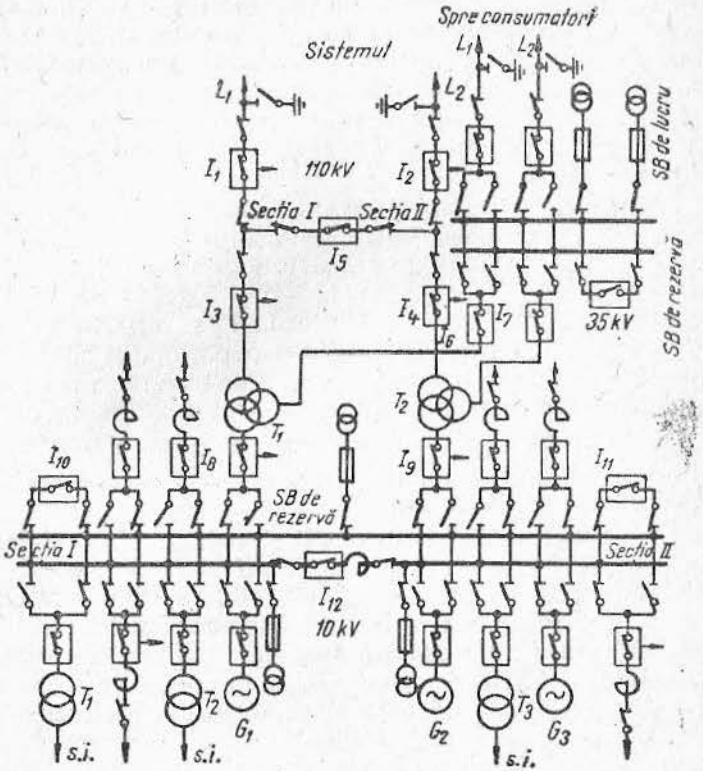


Fig. 85.

rul G_3. Separatorul cuplei longitudinale I_{12} este închis. Pe sistemul barelor de rezervă este conectat generatorul G_2.

Înfășurările de 35 kV ale transformatoarelor T_1 și T_2 sînt conectate pe sistemul barelor de lucru din stația de 35 kV.

La sarcina totală a generatoarelor G_1, G_2 și G_3 centrala și stația primesc putere din sistem prin transformatoarele T_1 și T_2. Se produce un șoc puternic.

În cazul șocului puternic semnalele luminoase și acustice de avarie indică: declanșarea întreruptoarelor I_1, I_2, I_3 și I_4 (prin protecția barelor de 110 kV); declanșarea întreruptoarelor I_8, I_9 I_{11} (prin descărcarea automată a sarcinii la frecvență minimă); declanșarea întreruptoarelor plecărilor consumatorilor de pe secțiile *I* și *II* din stația de 10 kV (prin descărcarea automată a sarcinii la frecvență minimă); generatorul G_2 a pierdut sarcina de 15 MW.

Centrala și stația electrică s-au separat de sistemul energetic, au rămas fără tensiune barele de 35 kV ale stației, s-au separat de rețea funcționînd nesincron generatorul G_2 conectat pe sistemul barelor de rezervă, transformatorul serviciilor interne T_1 și o parte a liniilor de plecare; au fost deconectate o parte din liniile de plecare (a funcționat automatul de descărcare prin frecvență minimă de pe secțiile *I* și *II* din stația de 10 kV).

Operațiile pe care trebuie să le execute personalul:

— se anulează semnalizarea de avarie acustică și se comunică personalului superior;

— se reglează frecvența și tensiunea pe sistemul barelor de rezervă și pe secțiile *I* și *II* din stația de 10 kV; în acest caz se asigură alimentarea normală a serviciilor interne și a liniilor consumatorilor din categoria *I*; se sincronizează sistemul barelor de rezervă cu ajutorul *ICT*, L_{11};

— se examinează panoul protecțiilor; în baza funcționării protecției după clapetele căzute ale releelor de semnalizare, deschizînd concomitent întreruptoarele I_1, I_2, I_3 și I_4 se ajunge la concluzia că este avariat întreruptorul I_5, deoarece el intră în zona de protecție a barelor secțiilor *I* și *II* din stația de 110 kV;

— se examinează stația de 110 kV, se constată avaria întreruptorului I_5 și se verifică dacă există tensiune pe liniile L_1 și L_2 (liniile au tensiune din sistem);

— se deschid separatoarele întreruptorului I_5 de pe secțiile *I* și *II* din stația de 110 kV;

— prin anclanșarea întreruptoarelor I_3, I_4, I_1 și I_2 se pun sub tensiune transformatoarele T_1, T_2 și prin aceasta se dă tensiune la barele de 35 kV;

— se sincronizează centrala cu sistemul cu întreruptorul I_8 al transformatorului T_1;

— se verifică sincronismul și se declanșează întreruptorul I_9 *al* transfomatorului T_2, după care se conectează toate liniile ce au fost deconectate prin automatele de descărcare a sarcinii la frecvență minimă de pe secțiile *I* și *II*;

— se scoate în reparație întreruptorul I_5.

13. Măsuri de tehnica securității necesare în exploatarea echipamentului electric din centrale și stații

Măsuri de tehnica securității necesare la efectuarea lucrărilor în instalațiile de distribuție de către personalul operativ. Pentru executarea în deplină securitate a manevrelor în instalațiile de distribuție din centrale și stații, personalul trebuie să acorde deosebită atenție la o serie de reguli și de respectare a succesiunii de executare a operațiilor și anume:

— deconectarea părților conductoare, la care urmează să se execute lucrări;

— deconectarea părților conductoare la care nu este exclusă o atingere sau o apropiere întîmplătoare la o distanță periculoasă pentru securitatea personalului;

— separarea instalațiilor deconectate de părțile conductoare care se află sub tensiune din toate părțile;

— luarea măsurilor care să preîntîmpine aplicarea din greșeală a tensiunii la locul de lucru;

— montarea plăcilor avertizoare;

— instalarea îngrădirilor provizorii din materiale izolante;

— verificarea lipsei tensiunii la toate bornele echipamentului deconectat, iar la întreruptoare — la toate cele șase borne;

— legarea la pămînt și scurtcircuitarea părților conductoare deconectate, din toate părțile din care poate fi aplicată tensiunea;

— montarea plăcii avertizoare „Lucrați aici" la locul de lucru;

Deconectarea trebuie efectuată, astfel încît, părțile deconectate să fie separate de părțile conductoare sub tensiune, din toate părțile prin întreruperi vizibile.

Deconectarea părților conductoare la care nu este exclusă o atingere sau o apropiere întîmplătoare la distanță periculoasă se efectuează cînd distanța față de locul de executare a lucrărilor este de minimum: pentru tensiunea nominală de 6 kV inclusiv 0,35 m; pînă la 35 kV inclusiv 0,6 m, pînă la 110 kV 1,5 m, pînă la 220 kV 3 m, pînă la 400—500 kV 5 m.

O deosebită atenție trebuie acordată posibilității transformării inverse a tensiunii joase prin transformatoare. Pentru înlăturarea acestui pericol trebuie deconectate transformatoarele de putere și transformatoarele de măsură, conectate la echipamentul deconectat, și de pe partea de tensiune joasă.

Pentru preîntîmpinarea anclanșării de la sine sau din din greșeală a întreruptoarelor și separatoarelor în circuitele dispozitivelor de acționare, ce se pot comanda la distanță, ale separatoarelor deschise, trebuie scoase siguranțele la ambii poli sau trebuie închis și blocat ventilul mecanic de alimentare cu aer al dispozitivului de acționare.

Toate dispozitivele de acționare ale separatoarelor, accesibile persoanelor străine, trebuie blocate cu lacăt. Dispozitivele de acționare ale separatoarelor cu comandă manuală trebuie blocate mecanic în poziție deschisă.

La toate cheile de comandă și la toate dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor separatoarelor cu ajutorul cărora poate fi aplicată tensiunea la locul de lucru, se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează" de către personalul care execută declanșarea.

În cadrul lucrărilor care se efectuează pe linii pe dispozitive de acționare ale separatoarelor de linii se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează pe linie!".

Pe cheia de comandă a deschiderii trebuie atîrnate un număr de plăci avertizoare egal cu numărul echipelor de lucru.

Drept îngrădiri provizorii pot servi panouri de lemn (paravane), garnituri izolante, îngrădiri-celule. Distanța dintre îngrădirile provizorii și plăcile conductoare sub tensiune trebuie să fie de minimum: 0,35 m la tensiunea nominală pînă la 6 kV inclusiv; 0,60 m de la 10 pînă la 35 kV inclusiv; 1,5 m pînă la 110 kV; 3 m pînă la 220 kV; 5 m pînă la 400 și 500 kV.

Necesitatea instalării îngrădirilor, forma lor, modul de instalare sînt determinate de condițiile locale și de caracterul lucrărilor. Pe îngrădirile provizorii se atîrnă plăcile avertizoare „Stai! Înaltă tensiune! Pericol de moarte".

După montarea plăcilor avertizoare și a îngrădirilor provizorii personalul trebuie să pregătească un set de scurtcircuitoare mobile, să le conecteze la instalația de legare la pămînt și apoi să verifice lipsa tensiunii pe partea instalației la care se vor executa lucrări. Pentru verificarea lipsei tensiunii se folosește un indicator de tensiune.

Imediat, înaintea verificării lipsei tensiunii trebuie verificată starea indicatorului prin apropierea acestuia de părțile conductoare așezate în apropiere și care se știe că se află sub tensiune.

Verificarea stării indicatorului și verificarea lipsei tensiunii se execută utilizînd mănușile izolante.

În instalațiile de înaltă tensiune verificarea lipsei tensiunii se face cu ajutorul unui indicator de tensiune montate pe o tijă izolantă, corespunzătoare tensiunii de încercare.

Determinarea lipsei tensiunii în instalațiile de distribuție închise numai prin verificarea circuitelor în natură nu este permisă.

În instalațiile de distribuție deschise și pe liniile aeriene de 110 kV se utilizează drept indicator de tensiune

tija izolantă. Lipsa tensiunii poate fi apreciată după absența zgomotului și a scînteii. Verificarea lipsei tensiunii pe liniile aeriene și stațiile deschise se face numai cînd vremea este uscată.

După verificarea lipsei tensiunii trebuie legate la pămînt și scurtcircuitate părțile conductoare ale tuturor fazelor pe care se vor executa lucrări sau de la care se poate aplica tensiunea la partea instalației la care se execută lucrări. Montarea legăturilor la pămînt trebuie executată imediat după verificarea lipsei tensiunii.

Nu se admite montarea scurtcircuitoarelor fără a le conecta în prealabil la instalația de legare la pămînt.

Dispozitivele de prindere ale scurtcircuitorului mobil se montează cu ajutorul tijei izolante pe părțile conductoare ale tuturor fazelor ce trebuie legate la pămînt, după care acestea se conectează sigur cu aceeași tijă sau direct cu mîinile îmbrăcate în mănuși dielectrice.

Toate operațiile privind montarea și demontarea scurtcircuitoarelor se execută cu mănușile dielectrice la care nu s-a depășit termenul de verificare. Pe locul de executarea lucrărilor după montarea scurtcircuitoarelor se atîrnă placa avertizoare „Lucrați aici".

În cazul reparației separatorului de bare dintr-o instalație de distribuție cu două sisteme de bare trebuie montate două scurtcircuitoare, unul pe furcă, iar al doilea — pe sistemul de bare deconectat sau coborîrile de la bare la separatorul în reparație. La scoaterea scurtcircuitoarelor mai întîi se deconectează acestea de la părțile conductoare, iar apoi de la instalația de legare la pămînt. Dispoziția de lucru se închide numai după examinarea echipamentului și locului în care s-a executat lucrarea.

Punerea instalației în funcțiune se poate efectua numai după închiderea dispoziției de lucru, cît și după executarea următoarelor operații:

— deschiderea cuțitelor de legare la pămînt sau demontarea scurtcircuitoarelor mobile;

— verificarea izolației;

— demontarea îngrădirilor provizorii și a plăcilor avertizoare;

— instalarea la loc a îngrădirilor permanente și scoaterea tuturor plăcilor avertizoare puse înaintea începerii lucrărilor.

Dacă în instalația deconectată lucrarea a fost executată de cîteva echipe, repunerea în funcțiune se poate efectua numai după închiderea tuturor dispozițiilor de lucru.

Starea izolației echipamentului repus în funcțiune după reparație se verifică cu un megohmmetru. Aceasta permite să se pună în evidență un defect de izolație, care prin examinare este greu de observat.

Dacă se constată o punere la pămînt monofazată, apropierea de locul de defect la o distanță mai mică de 5 m în instalațiile de distribuție închise și de 10 m în instalațiile de distribuție deschise, înainte de deconectarea zonei avariate, este interzisă cu excepția cazului cînd este necesar să se acorde prim ajutor accidentaților. În aceste cazuri personalul trebuie să fie foarte atent și să se folosească de toate mijloacele de protecție necesare.

În cazul cînd au loc accidente cu personalul, deconectarea tensiunii din instalațiile corespunzătoare se poate efectua fără a cere permisiunea personalului operativ superior.

În toate cazurile cînd dispare tensiunea pe liniile aeriene sau în întreaga stație, personalul operativ trebuie să fie pregătit să primească tensiunea imediat și fără prevenire.

Cauza dispariției tensiunii în stație poate fi deconectarea liniei ce alimentează stația, sau dispariția tensiunii pe linie.

Într-un caz sau altul, toate plecările la care a dispărut tensiunea trebuie considerate ca aflîndu-se sub tensiune, deoarece în orice moment, fără prevenire pe acestea se poate aplica tensiunea.

O deosebită atenție trebuie acordată de către personal la executarea operațiilor cu separatoare monopolare. Dacă la deschiderea separatoarelor apare un arc (deschidere greșită), separatorul trebuie închis imediat la loc. Adesea personalul consideră în mod greșit, că apa-

rița unui arc mic este provocată de deschiderea curentului capacitiv al liniei, uitînd de faptul că abia deschiderea fazei următoare va duce la întreruperea curentului de sarcină și la apariția pericolului nu numai pentru separator, cît și pentru persoana care execută deschiderea.

Un rol deosebit îl joacă în această situație amplasarea separatoarelor și succesiunea operațiilor executate cu acestea. Dacă separatoarele sînt așezate vertical, deschiderea cuțitului inferior trebuie efectuată ultima, deoarece arcul totdeauna se formează în sus.

Măsurările cu megohmmetrul sînt interzise în cazurile cînd: pe un circuit al liniei cu dublu circuit cu tensiunea peste 1 000 V, în timp ce celălalt circuit se află sub tensiune; pe linia cu un circuit dacă aceasta, fie chiar pe o porțiune mică este paralelă cu o linie în funcțiune avînd tensiunea peste 1 000 V; în timpul furtunii sau cînd se apropie furtuna.

Lucrările cu tijele de măsurat pe linii și în instalațiile ce se află sub tensiune, în timp de ceață, ploaie, ninsoare umedă etc., cînd partea izolantă a tijei se umezește, sînt interzise.

În cazul cînd se lucrează cu obiecte lungi în instalațiile de distribuție trebuie procedat cu precauție ca aceste obiecte să nu se atingă și să nu cadă pe părți conductoare sub tensiune.

La executarea probelor cu tensiune mărită la echipamentul sau la plecările în cablu ale liniilor din instalațiile de distribuție închise, trebuie luate măsuri de precauție pentru ca persoanele care intră în acel moment în stație să nu aibă acces la tensiunea de încercare.

În continuare sînt date exemplele de încălcare gravă a regulilor de tehnica securității muncii și urmările lor.

Exemplul 1. Un electrician, singur de serviciu în stație, a primit aprobare de la consumator și de la personalul operativ superior să scoată în reparație linia L_8 (fig. 86).

Operațiile pe care le-a executat electricianul de serviciu sînt următoarele:

— după ce a verificat lipsa sarcinii pe linia ce trebuie deconectată cu ajutorul ampermetrului, a declanșat la distanță întreruptorul liniei L_8;

— a deschis separatorul de linie al liniei L_8;

— fără să verifice cu atenție numerele separatoarelor de bare deschise, din greșeală a deschis separatoarele de bare ale liniei L_6 sub sarcină; arcul electric care a luat naștere i-a produs o arsură de gradul I.

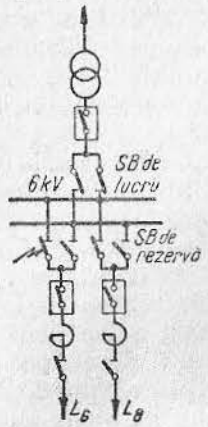


Fig. 86.

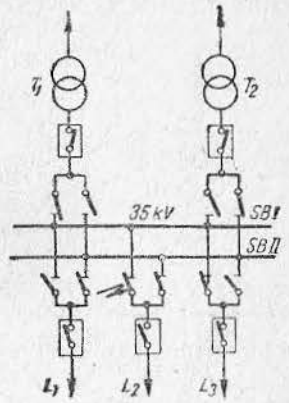


Fig. 87.

Concomitent, în urma scurtcircuitului pe bare, datorită acțiunii protecției a fost deconectat transformatorul și stația a rămas fără tensiune.

Exemplul 2. Personalul unei stații de 35 kV a primit indicații de la personalul operativ superior pentru transferarea alimentării liniei L_2 de pe sistemul de bare *I* pe sistemul *II* (fig. 87).

Datorită lipsei *ICT* din stația de 35 kV transferarea liniei L_2 s-a efectuat declanșîndu-se întreruptorul liniei.

Operațiile pe care le-a executat personalul sînt următoarele:

— declanșarea întreruptorului liniei L_2;

— închiderea separatorului liniei L_2 pe sistemul de bare *II* (dar trebuie mai întîi să se deschidă separatorul liniei L_2 de pe sistemul de bare *I*), fapt care a avut drept rezultat conectarea transformatoarelor T_1 și T_2,

(care funcționau separat) prin furca de separatoare de bare a liniei L_2;

— deschiderea separatorului liniei L_2 de pe sistemul de bare *I*, și prin aceasta a întrerupt curentul de egalizare dintre cele două sisteme de bare.

Arcul electric care a luat naștere a provocat electricianului arsuri și accidentarea unui ochi. Prin acțiunea protecției au fost deconectate transformatoarele T_1 și T_2 iar stația a rămas complet fără tensiune.

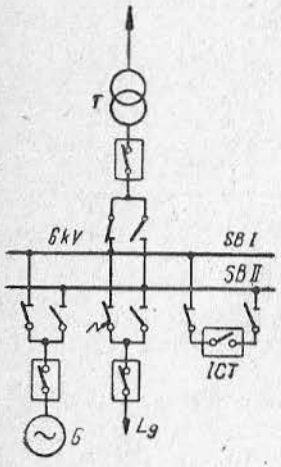


Fig. 88.

Exemplul 3. Pentru executarea lucrărilor de reparație a fost necesară scoaterea în reparație a *ICT* din stația de 6 kV (fig. 88).

Operațiile pe care le-a executat personalul:

— după ce s-a verificat poziția deschisă a *ICT*, a fost deconectat curentul operativ de la dispozitivul de acționare a întreruptorului;

— a deschis separatorul *ICT* de pe sistemul de bare *II*;

— s-a deschis din greșeală separatorul de bară al liniei L_9 de pe sistemul de bare *I* în locul separatorului *ICT*.

Din cauza arcului electric care a luat naștere la ruperea curentului de sarcină al liniei L_9, electricianul a suferit arsuri puternice. Prin acțiunea protecției au fost deconectate transformatorul și generatorul, iar instalația de distribuție de 6 kV a rămas fără tensiune.

Măsuri de tehnica securității la exploatarea generatoarelor. Efectuarea de lucrări în circuitul statorului generatorului oprit este permisă numai după îndeplinirea următoarelor măsuri de securitate:

— se deconectează generatorul deschizîndu-se întreruptorul și separatoarele de bare;

— pe cheile de comandă și pe dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor și separatoarelor generatorului se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se scot siguranțele de pe partea de joasă tensiune a transformatoarelor de tensiune ale generatorului;

— după verificarea lipsei tensiunii, se montează scurtcircuitoarele necesare;

— se închid locașurile de sincronizare și se atîrnă placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!";

— se deschide întreruptorul cu pîrghie al excitației de rezervă al generatorului și se atîrnă pe acesta placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!".

La scoaterea în reparație a generatorului trebuie luate măsuri care să împiedice conectarea din greșeală sau de la sine chiar și în cazul cînd pe cheile de comandă sînt atîrnate plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează!".

Pentru aceasta se scot siguranțele de la dispozitivele de acționare la distanță a întreruptoarelor și separatoarelor, iar dispozitivele de acționare ale separatoarelor cu comandă manuală se blochează mecanic în poziție deschisă.

Generatorul în rotire, chiar neexcitat, se consideră ca aflîndu-se sub tensiune. Se interzice executarea de lucrări în circuitele statorului generatorului în rotire, cît și atingerea cu mîna a înfășurării de înaltă tensiune.

În perioada încercărilor generatorului se permite a se lucra în circuitele statorului generatorului în rotire excitat. În acest caz bornele generatorului trebuie să fie scurtcircuitate.

Montarea și demontarea scurtcircuitoarelor la bornele generatorului trebuie executată după deconectarea excitației și a dispozitivului ADR.

Încercările și măsurările la generator se permit după luarea următoarelor măsuri de securitate:

— se deconectează generatorul prin întreruptor și separatoarele de bară;

— se scot siguranțele de pe partea de joasă tensiune a transformatoarelor de tensiune a generatorului;

— se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează!" pe cheile de comandă ale dispozitivelor de acționare ale întreruptoarelor și separatoarelor;

— se verifică lipsa tensiunii şi se montează scurtcircuitoarele; pentru montarea şi demontarea scurtcircuitoarelor la lucrările legate de încercarea generatorului, acestea se montează pe bornele generatorului, iar la lucrările legate de măsurarea tensiunii remanente, a rezistenţei înfăşurărilor, scurtcircuitoarele se montează după întreruptorul generatorului, adică la contactele întreruptorului deschis dinspre barele colectoare;

— se închid locaşurile de sincronizare şi se atîrnă placa avertizoare „Nu închideţi — se lucrează"!.

În cazul prelucrării mecanice a colectorului sau inelelor lucrătorii trebuie să poarte ochelari pentru protecţia vederii.

În cazul înlocuirii sau prelucrării periilor generatorului în rotire, personalul trebuie să aibă grijă ca hainele sau materialul abraziv să nu fie antrenate de arborele maşinii; lucrarea trebuie efectuată cu cotiere care strîng bine mîna.

Pentru deservirea fără pericol a excitatoarelor dinspre colector şi la inelele rotorului, trebuie folosite covoare de cauciuc.

La lucrările în circuitele de excitaţie ale generatorului în funcţiune se interzice atingerea concomitentă cu mîna a părţilor conductoare de diferite polarităţi sau a unei părţi conductoare şi a părţilor legate la pămînt. Uneltele utilizate la aceste lucrări trebuie să aibă mînere izolate.

La executarea lucrărilor enumerate mai sus de către femei acestea trebuie să aibă îmbrăcăminte specială şi capul acoperit.

Măsurarea tensiunii pe arbore şi a rezistenţei de izolaţie a rotorului generatorului în funcţiune, este permisă numai personalului instruit special pentru aceasta.

La încercarea generatorului, locul încercărilor, cît şi conductoarele de legătură, care în timpul probelor se află la tensiunea de încercare, trebuie îngrădite pentru a opri accesul persoanelor străine, iar la locul de încercare trebuie puse persoane de supraveghere sau montate îngrădiri. Cînd locul de încercare este îngrădit cu sfoară sau bariere din toate părţile, trebuie atîrnate

plăci avertizoare „Stai! Înaltă tensiune! Pericol de moarte".

Înaintea încercării toate celelalte lucrări la generator trebuie să fie terminate, predîndu-se şi dispoziţiile de lucru.

Înaintea aplicării tensiunii de încercare toţi lucrătorii echipei trebuie să se îndepărteze de zona periculoasă şi conducătorul este obligat să avertizeze echipa de apariţia tensiunii.

La terminarea încercărilor se întrerupe tensiunea şi se leagă la pămînt conductorul de încercare; după ce se verifică lipsa sarcinii se comunică lucrătorilor din echipă că s-a întrerupt tensiunea. Toate carcasele aparatelor instalaţiei de încercare trebuie legate la pămînt. Toate lucrările de încercare trebuie efectuate cu mănuşi izolante, stînd pe covoare de cauciuc.

Încercarea generatorului cu tensiune ridicată de la o sursă exterioară se permite numai cu personal instruit special în baza dispoziţiei de lucru.

Stingerea incendiului din generator se face după deconectarea acestuia de la reţea, excitaţia fiind scoasă.

Stingerea incendiului înfăşurărilor generatorului avînd răcirea cu aer, fiind echipat cu sistem staţionar de stingerea incendiului cu apă, se face prin punerea în funcţiune a acestei instalaţii.

Ca o măsură suplimentară la stingerea incendiului în generator, se poate utiliza introducerea aburului în carcasa maşinii.

Utilizarea extinctoarelor cu spumă la stingerea incendiului generatorului nu se recomandă, iar utilizarea nisipului este interzisă.

Pînă la terminarea stingerii incendiului se interzice oprirea completă a maşinii pentru a evita deformarea arborelui prin încălzire unilaterală. Viteza de rotaţie trebuie stabilită la 150—300 rot/min.

În cazul incendiului la generatorul cu răcire în circuit închis, avînd o supapă de avarie pentru ieşirea aerului fierbinte, trebuie închisă numaidecît supapa; la generatoarele cu răcire străbătută, care au supape de intrare şi ieşire a aerului, trebuie închise imediat ambele supape; la generatoarele care au alimentare suplimen-

tară cu aer, trebuie oprit ventilatorul și închisă clapeta care oprește accesul aerului în cameră; la generatorul cu ventilatoarele exterioare acestea trebuie oprite.

În cazul utilizării hidrogenului se poate forma un amestec exploziv periculos cu aerul sau cu hidrogenul din carcasa generatorului. Amestecul de hidrogen și aer este exploziv dacă conține hidrogen de la 3,3 pînă la 81,5%. Amestecul de hidrogen cu oxigen este exploziv dacă conține hidrogen de la 2,6 pînă la 95%. Amestecul exploziv poate exploda de la foc deschis (scîntei etc.) detonație, încălzire locală și de la scurgere rapidă. Cel mai periculos amestec este cel compus din 67% hidrogen și 33% oxigen. Amestecul exploziv din corpul generatorului se poate forma în următoarele cazuri:

— la micșorarea presiunii hidrogenului, la absorbirea în carcasă a aerului;

— în cazul lipsei controlului purității hidrogenului și a contaminării intense a hidrogenului cu aerul ce se degajă din ulei;

— la suflajul insuficient al generatorului cu gaz inert înaintea înlocuirii mediului de răcire;

— la pătrunderea hidrogenului în generatorul plin cu aer din cauza armăturii neetanșe la postul de gaze și a lipsei unei închideri pe conducta de hidrogen.

În cazul aprinderii jetului de hidrogen trebuie îngreuiat accesul aerului prin aplicarea pe locul de scurgere a unei țesături dense de azbest sau se atacă flacăra cu un jet de gaz inert (bioxid de carbon sau azot).

În acest scop în apropierea generatorului avînd răcirea cu hidrogen, se află în permanență un balon cu bioxid de carbon și un furtun, care permite stingerea hidrogenului în orice zonă a sistemului de gaze. În cazul aprinderii hidrogenului datorită formării unei scurgeri importante din corpul generatorului, pentru ușurarea stingerii focului trebuie redusă presiunea hidrogenului din sistem.

Trebuie reținut faptul că în toate cazurile în generator trebuie menținută o suprapresiune pentru a evita pătrunderea aerului și formarea unui amestec exploziv.

În apropierea generatorului avînd răcirea cu hidrogen trebuie atîrnate plăcile avertizoare: „Fumatul interzis!", „Pericol de explozie", „Se interzice lucrul cu foc", „Aici se află hidrogen".

La deconectarea generatorului prin protecție, datorită defectelor interioare trebuie urmărit imediat dacă deconectarea nu este însoțită de incendiu în generator.

În continuare, sînt date exemple de încălcare a regulilor de exploatare tehnică și a normelor de tehnica securității muncii de către personal, cît și urmările acestora.

Exemplul 1. La o centrală electrică s-a scos în reparație generatorul G_2 (fig. 89). Personalul operativ a omis să scoată siguranțele din circuitul transformatorului de

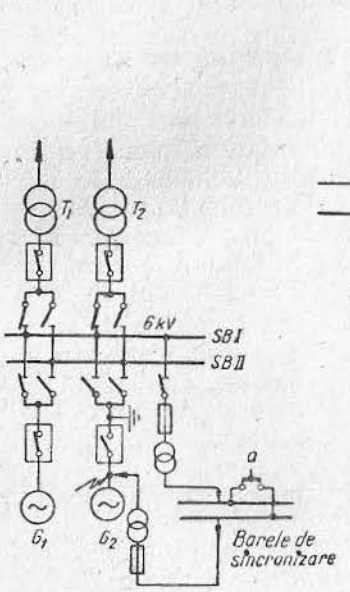


Fig. 89.

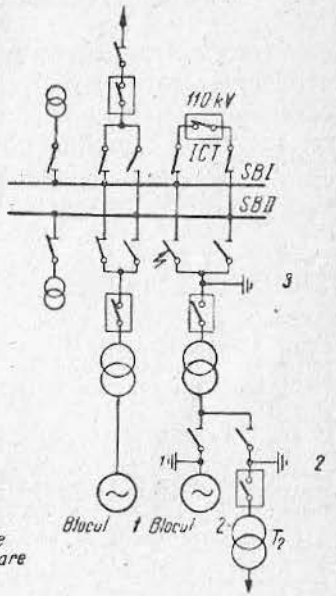


Fig. 90.

tensiune al generatorului pentru alimentarea regletei de sincronizare.

În timpul executării lucrărilor de reparație la bornele generatorului pe pupitrul de comandă s-a introdus greșit cheia *a* în locașul de alimentare a regletei de sincro-

nizare. Mecanicul care lucra la bornele generatorului, din cauza transformării inverse a fost pus sub tensiune.

Exemplul 2. La o centrală electrică a fost scos în reparaţie blocul 2 conform schemei reprezentate în fig. 90. La terminarea lucrărilor de reparaţie şi după închiderea dispoziţiei de lucru, personalului i s-a indicat să pună blocul în funcţionare.

Operaţiile pe care le-a executat personalul:

— a raportat dispecerului că toate lucrările la bloc s-au terminat şi a obţinut dispoziţia de a scoate scurtcircuitoarele şi de a forma circuitele pentru conectarea blocului la sistemul de bare *I*;

— a scos scurtcircuitoarele 2 şi a închis separatorul transformatorului T_2;

— a scos circuitorul *1* şi a închis separatorul la bornele generatorului G_2.

După cum se vede din schemă, personalul operativ a încălcat de la bun început regulile tehnicii securităţii muncii şi succesiunea realizării schemei; în loc de a scoate scurtcircuitoarele şi de a închide ulterior separatoarele, închiderea separatoarelor s-a făcut anterior;

— fără să scoată scurtcircuitoarele *3* a închis separatorul de bară ale blocului 2 pe sistemul de bare *I*.

Drept rezultat s-a produs un scurtcircuit. Prin funcţionarea protecţiei prin relee a declanşat blocul *1* şi linia de 110 kV care leagă centrala de sistemul energetic. Centrala a pierdut sarcina şi staţia de 110 kV a rămas fără tensiune. Greşelile personalului operativ au fost:

— în dispoziţia de lucru nu au fost indicate locurile şi numerele scurtcircuitoarelor montate;

— nu a fost întocmită corect foaia de manevră;

— a fost încălcată succesiunea manevrelor;

— în cadrul convorbirilor operative nu s-a dat o comandă precisă pe locul de muncă: se scot scurtcircuitoarele *1*, *2* şi *3* şi se formează circuitele blocului 2, ci s-a propus să se formeze circuitul blocului 2 şi să se scoată legăturile la pământ.

Toate aceste încălcări grosolane au dus la o avarie importantă în centrală.

Măsuri de tehnica securităţii muncii în exploatarea motoarelor. Exploatarea corectă a motoarelor nu asigură numai funcţionarea în bune condiţii a centralei, ci şi securitatea personalului de exploatare. De aceea personalul de exploatare trebuie să respecte cu stricteţe normele fundamentale de securitate a exploatării motoarelor.

Pentru a nu expune personalul pericolelor, la maşinile rotative nu este permis să se execute lucrări, cu excepţia celor executate după program special.

Se interzice înlăturarea îngrădirilor de la părţile rotative în timpul funcţionării motorului. Carcasele motoarelor şi a echipamentului de pornire trebuie să fie legate sigur la pământ.

În preajma dispozitivelor de pornire trebuie să existe mănuşi de cauciuc, iar în faţa dispozitivului de pornire în locurile umede trebuie aşezat un grătar de lemn pe suporţi izolatori.

Lucrările la motoare şi la echipamentul lor de pornire se execută după ce motorul a fost deconectat şi scos în reparaţie conform NTS.

Pentru preîntîmpinarea pericolului privind personalul în cazul aplicării din greşeală a tensiunii, capetele cablului deconectat de la motor trebuie scurtcircuitate şi legate la pământ. Legarea la pământ, utilizată în acest caz, trebuie să corespundă condiţiilor indicate în normele de tehnica securităţii muncii.

La executarea lucrărilor trebuie luate măsuri de prevenirea rotirii motorului din partea maşinii pe care motorul o acţionează. De exemplu, pompa poate să înceapă a se roti în sens opus şi să provoace avarierea agregatului, exhaustorul poate începe să se rotească în sens opus datorită absorbţiei aerului rece prin conductă etc.

La executarea lucrărilor de reparaţie pe maşina acţionată de motor, sau chiar la motor, acesta din urmă trebuie oprit, tensiunea trebuie deconectată, pe cheia de comandă, iar pe dispozitivul de acţionare al întreruptorului şi separatorului acestuia se atîrnă placa avertizoare „Nu închideţi — se lucrează"!.

În afară de aceasta trebuie luate măsuri de prevenire a anclanșării de la sine sau din greșeală, de exemplu blocîndu-le cu lacăt, scoțînd căruciorul d.n celula *IDC* etc.

Este interzis să se acopere motoarele în funcțiune cu prelate. În cazul cînd este necesar, motorul poate fi îngrădit cu panouri metalice, din placaj sau acoperit cu o carcasă specială.

Părțile rotative ale rotorului (roată de antrenare, mufă, ventilator, părțile deschise ale arborilor), bornele înfășurărilor, cutiile terminale ale cablurilor motoarelor trebuie să aibă o protecție sigură contra atingerii din partea personalului de exploatare sau acelora ce trec prin apropiere.

Măsurările rezistențelor de izolație ale motoarelor cu tensiunea pînă la 1 000 V se efectuează cu un megohmmetru. Înaintea efectuării măsurărilor cu megohmmetrul trebuie să ne convingem că la motor, cît și la elementele conectate cu acesta nu se execută lucrări. Conductoarele de legarea megohmmetrului trebuie să aibă o izolație superioară.

În cazul lucrărilor la colector, inele și perii, mînecile lucrătorului trebuie să fie bine strînse de braț.

Se interzice a executa lucrări în haine cu mîneci suflecate sau în haine fără mîneci.

Înlocuirea siguranțelor arse în circuitele motoarelor în cazul cînd există întreruptoare cu pîrghie trebuie executată fără tensiune.

Dacă nu este posibilă înlăturarea tensiunii, înlocuirea fuzibilelor siguranțelor trebuie efectuată sub tensiune, dar fără sarcină purtînd ochelari de protecție, mănuși izolante sau folosind clești izolați.

Încercarea motorului trebuie efectuată numai după terminarea tuturor lucrărilor și după prevenirea tuturor echipelor care au lucrat la motor.

Dacă izbucnește un incendiu în motor, acesta din urmă trebuie deconectat imediat de la rețea. Stingerea incendiului la motoarele deconectate trebuie făcută cu apă sau cu extinctoare cu acid carbonic. Stingerea incendiului în motoare utilizînd nisip este interzisă.

Motorul, cît și locul din împrejurimea sa, trebuie menținute în curățenie: în apropierea motorului nu trebuie păstrate obiecte străine și materiale inflamabile care pot provoca incendiul. Toate materialele combustibile ca de exemplu ulei, petrol lampant, benzină, cîrpe și altele, trebuie păstrate în cutii metalice speciale.

La repararea unui motor cu tensiunea pînă la 1 000 V acesta trebuie deconectat de la rețea prin automat, întreruptor cu pîrghie sau siguranțe. Maneta întreruptorului trebuie fixată în poziție deschisă, atîrnîndu-se pe ea placa avertizoare „Nu închideți — se lucrează!".

În cazul deconectării automate a motorului trebuie avut în vedere dacă deconectarea nu a fost însoțită de incendiu în motor.

În continuare sînt prezentate cîteva exemple de încălcare a normelor tehnicii securității muncii de către personal în exploatarea motoarelor, care au dus la accidente, avarieri de echipament și la întreruperi în alimentare a consumatorilor.

Exemplul 1. În centrală au fost scoase în reparație motorul pompei de rețea M_4 cu putere de 570 kW, tensiunea de 6 kV (fig. 91). În sala mașinilor toate cele patru pompe de rețea au fost așezate într-o încăpere. Pompele de rețea M_1 și M_3 erau în funcțiune. Pompa M_2 era în rezervă. La scoaterea în reparație a motorului M_4 pe acesta nu s-a atîrnat placa avertizoare „Lucrați aici".

După admiterea la lucru a personalului de reparație, acesta a plecat după sculele necesare.

Revenind în încăpere și văzînd că pompa nu funcționează electricianul, din eroare a scos capacul de la bornele înfășurărilor statorului motorului M_2, care era în rezervă. În momentul în care electricianul a deconectat cablul de la faza extremă a înfășurărilor statorului, mașinistul de serviciu a pus în funcțiune motorul pompei de rețea M_2.

În urma acestui fapt, electricianul a fost grav accidentat.

Exemplul 2. Într-o centrală, la examinarea periodică a echipamentului, electricianul a observat o cîrpă între paletele ventilatorului cazanului care era în rezervă

caldă. Fără a lua măsurile necesare de securitate şi fără să prevină mecanicul cazanului, electricianul a întins mîna dreaptă pînă la spaţiul dintre paletele ventilatorului pentru a scoate cîrpa. În acel moment mecanicul a

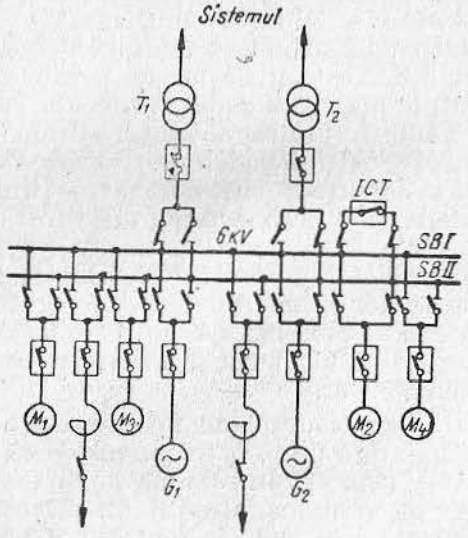


Fig. 91.

conectat de la pupitrul cazanului şi a pus în funcţiune motorul şi în urma acestei porniri electricianului i-a fost ruptă palma mîinii drepte.

Exemplul 3. În centrală s-a scos în reparaţie motorul pompei de alimentare cu putere de 2 000 kW, 6 kV (fig. 92). La terminarea reparaţiei motorului, personalul de reparaţie a lăsat din greşeală anclanşat întreruptorul (concomitent se efectua reparaţia echipamentului motorului).

Personalul operativ care a scos în reparaţie motorul şi echipamentul de pornire nu a verificat indicatorul mecanic de poziţie al întreruptorului şi după ce s-a urcat la etajul unde se aflau separatoarele au început să închidă cu tija separatorului de bară trifazat. În urma fap-

tului că această operaţie a fost executată lent, a luat naştere un arc electric care a trecut treptat pe barele colectoare transformîndu-se într-un scurtcircuit trifazat. În consecinţă s-a produs o avarie cu deteriorări importante ale echipamentului. Personalul operativ a fost accidentat cu arsuri pe obraz şi mîini.

Măsuri de tehnica securităţii muncii în exploatarea transformatoarelor. Pentru executarea lucrărilor de reparaţie la transformator, acesta trebuie deconectat din toate părţile prin întreruptor şi prin separatoarele de bare, curentul operativ trebuie deconectat de la dispozitivele de acţionare ale întreruptoarelor şi din toate părţile trebuie instalate scurtcircuitoare cu legare la pămînt.

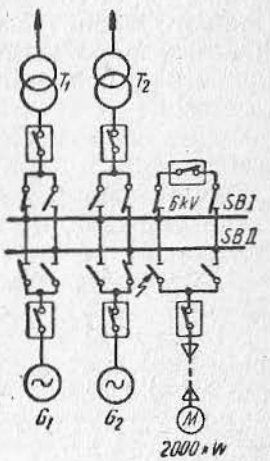


Fig. 92.

Pentru prevenirea închiderii din greşeală, dispozitivele de acţionare ale tuturor separatoarelor deschise trebuie blocate cu **lacăt.**

Pe manetele dispozitivelor de acţionare ale tuturor separatoarelor deschise, cît şi pe cheile de comandă ale întreruptoarelor se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideţi — se lucrează!".

Pentru a evita deplasările datorită forţelor dinamice ce apar la scurtcircuit, transformatorul trebuie bine fixat pe fundaţia sa.

Cuva transformatorului trebuie să aibă o legătură sigură la pămînt.

Scările metalice staţionare, instalate pentru deservirea releului de gaze, trebuie montate la o astfel de înălţime, încît capul celui ce se află pe scară să nu fie mai sus de nivelul releului de gaze. Dacă pentru acest scop se foloseşte o scară de lemn trebuie luate măsuri care să prevină alunecarea acestuia.

Ușile încăperilor în care se află transformatoarele trebuie să se deschidă în exterior. Încăperea transformatoarelor, cît și ușile trebuie confecționate dintr-un material rezistent la foc. Pe ușile încăperii transformatorului trebuie să existe o placă avertizoare „Stai! Înaltă tensiune — pericol de moarte!". Încăperile pentru transformatoare trebuie încuiate cu lacăt. Pe cuvele transformatoarelor monofazate din instalațiile deschise se imprimă numărul grupei transformatorului și culoarea respectivă a fazelor.

Pe cuvele transformatoarelor trifazate se indică numărul transformatorului din stație.

Pentru stingerea incendiului din încăperea transformatorului trebuie să existe o ladă cu nisip și un extinctor cu spumă.

La montarea transformatorului în instalație deschisă, la acesta se aduce conducta de apă.

În cazul izbucnirii incendiului la transformator, trebuie întreruptă imediat tensiunea și se trece la stingerea incendiului chemîndu-se totodată echipa de pompieri. În cazul incendiului pe acoperișul transformatorului fără a avaria cuva (dacă este posibil), trebuie acoperit ventilul conductei dintre vasul de expansiune și cuva transformatorului pentru a evita extinderea incendiului.

În cazul cînd nu este posibilă lichidarea incendiului, trebuie evacuat o parte din ulei din cuvă corespunzătoare cu aproximativ 10—20% din înălțimea sa, în instalații de drenaj (canal, pietriș, etc.). În acest caz trebuie avut în vedere faptul că dacă stratul de pietriș se află în stare proastă (înfundat cu noroi) sau înghețat (iarna) uleiul nu va fi absorbit de stratul de pietriș și în urma acestui fapt zona incendiului se va extinde și mai mult.

Stingerea incendiului în cuva transformatorului sau pe acoperișul acestuia se recomandă să se facă cu extinctoare, cu jet de apă pulverizată sau cu spumă chimică, iar incendiul la partea inferioară se recomandă a se face cu apă, extinctor, nisip etc.

Comutarea transformatorului care nu are comutator de reglaj sub sarcină, la alt plot, se face de către personalul de exploatare numai cînd tensiunea este deconectată de la toate înfășurările.

Deschiderea curentului de magnetizare al transformatoarelor cu bobină de stingere conectată la neutru, este permisă numai după deconectarea acestor bobine.

În cazul deconectării transformatorului prin protecția contra defectelor interioare trebuie observat imediat dacă deconectarea nu a fost însoțită de incendiu în transformator.

În continuare, sînt prezentate exemple de încălcare de către personalul de exploatare, a regulilor de exploatare tehnică și a normelor de tehnica securității muncii în exploatarea transformatoarelor, cît și urmările acestor încălcări.

Exemplul 1. Un maistru care exploatează un post de transformare, a obținut permisiunea de a scoate în reparație transformatorul de putere T_1 (fig. 93).

Maistrul a acționat în modul următor:

— după ce a verificat posibilitatea deconectării transformatorului T_1 verificînd sarcina transformatorului T_2 a declanșat întreruptorul cu pîrghie al transformatorului T_1 pe partea de 0,23 kV;

— a deschis separatoarele transformatorului T_1 dinspre partea de 6 kV;

— înaintea începerii lucrului la transformatorul T_1 maistrul a observat că separatorul de 6 kV al transformatorului T_2 este închis; considerînd în mod greșit că el le-a uitat să le închidă, și neverificînd după numerotare transformatoarele, el a deschis separatoarele de bare ale transformatorului T_2 sub sarcină.

Drept rezultat, maistrul a fost accidentat prin arsuri, iar postul de transformare a rămas fără tensiune.

Exemplul 2. Personalul operativ al unei stații a primit indicația ca după terminarea lucrărilor de reparație să pună în funcțiune transformatorul T_2 (fig. 94). După predarea de către personalul care a executat reparația a tuturor dispozitivelor de lucru de executarea lucrărilor de reparație la transformatorul T_2, personalul de exploatare a acționat după cum urmează:

— a desfăcut scurtcircuitorul 5;

— a desfăcut scurtcircuitorul 4;

— a închis separatoarele transformatorului T_2 pe partea de 6 kV (uitînd să scoată scurtcircuitorul 3);

— a închis la distanță separatorul de bare ale transformatorului T_2 dinspre sistemul de bare *I* de 110 kV cu scurtcircuitorul 3 montat.

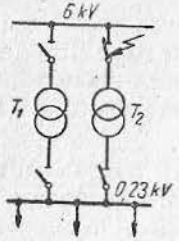


Fig. 93.

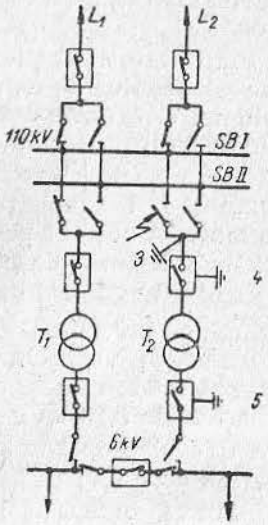


Fig. 94.

În urma scurtcircuitului au fost deconectate prin protecție liniile L_1 și L_2, iar stația a rămas fără tensiune.

Măsuri de tehnica securității muncii în exploatarea întreruptoarelor. La executarea manevrelor operative în conformitate cu măsurile de tehnica securității muncii, verificarea poziției întreruptorului trebuie efectuată după indicatorul de poziție. Aceasta este determinată de faptul că semnalizarea care indică poziția întreruptorului, în cazul unor defecte în circuitele acesteia, poate să nu indice poziția reală a întreruptorului.

Indicatorul mecanic de poziție al întreruptorului este legat direct de mecanismul cinematic și indică totdeauna poziția corectă a întreruptorului „Declanșat" sau „Anclanșat", ceea ce asigură o executare în condiții de securitate a manevrelor.

La întreruptoarele tip MGG, VMG, VV și altele, la care contactele principale sau cele auxiliare sînt așezate în exterior, verificarea poziției întreruptoarelor se face după aceste contacte.

Pentru comoditatea personalului, indicatorul de poziție se montează și pe dispozitivul de acționare al întreruptorului, deoarece dispozitivul de acționare și întreruptorul se află pe coridoare diferite. Dispozitivele din stații care semnalizează poziția declanșat a întreruptorului, sînt doar mijloace auxiliare în baza indicațiilor cărora nu se admite tragerea concluziilor privind absența tensiunii în echipament.

În practică au avut loc cazuri de accidente serioase ale personalului în urma aruncării unor bucăți deteriorate de porțelan de la camerele de stingere în cazul comenzii de la fața locului a întreruptorului.

De aceea declanșarea și anclanșarea întreruptorului cu aer în condiții normale de exploatare se face la distanță de pe pupitrul de comandă.

În cazul cînd se lucrează la întreruptor trebuie luate măsuri contra anclanșării greșite sau întîmplătoare a întreruptorului. Pentru aceasta se deconectează curentul operativ de la dispozitivul de acționare prin scoaterea fuzibilelor, iar în cazul dispozitivelor de acționare pneumatice se închide ventilul de acces al aerului în dispozitivul de acționare și se evacuează aerul din rezervoarele întreruptorului sau ale dispozitivelor de acționare; subclapeta de evacuare trebuie lăsat în acest caz deschisă.

Pe cheile sau pe butoanele de comandă, pe întreruptoarele și dispozitivele de acționare, cît și pe ventilele închise ale aerului comprimat trebuie atîrnate plăcile avertizoare „Nu închideți — se lucrează".

Dacă este necesară încercarea întreruptorului în timpul lucrărilor de reparații, această încercare se poate executa numai cu cunoștința personalului operativ.

Urcarea pe întreruptorul cu aer care conține aer sub presiune se permite numai la executarea lucrărilor de reglare (reglarea amortizoarelor, ridicarea vibrogramelor, conectarea sau deconectarea conductoarelor de la oscilograf etc.). În acest caz pentru prevenirea posibili-

tăţii închiderii întîmplătoare sau din greşeală a întreruptorului trebuie deconectat curentul operativ, se îngrădesc butoanele de comandă şi supapele cu ajutorul cărora se poate produce anclanşarea. Acţionarea întreruptorului o poate executa în acest caz numai cel ce efectuează lucrările la întreruptor.

În timpul încercării întreruptorului cu aer comprimat prin anclanşări şi declanşări repetate în preajma întreruptorului se interzice prezenţa oricăror persoane în afara celor ce participă direct la efectuarea încercării lor.

Înaintea începerii încercării, persoanele care se află lîngă întreruptor trebuie să fie prevenite şi să se îndepărteze la o distanţă ce nu prezintă pericol.

În cazul cînd se execută lucrări la rezervoarele de aer cu prezenţa oamenilor în interior, ventilele de alimentare cu aer a rezervoarelor trebuie închise şi blocate cu lacăt. Pe ventile se atîrnă placa avertizoare „Nu închideţi — se lucrează!".

Supapa de siguranţă de pe rezervorul de aer comprimat trebuie reglată la presiunea limită, care depăşeşte presiunea maximă de lucru a aerului comprimat cu cel mult 10%.

Supapa de siguranţă trebuie să aibă o secţiune ce permite trecerea întregii cantităţi de aer debitată de compresoare.

Se interzice curăţarea compresoarelor, orice corectare şi reparaţie a acestora în timpul funcţionării.

Suprafaţa interioară a echipamentului instalaţiei de compresoare şi a conductelor de aer, în timpul funcţionării se acoperă cu depuneri de ulei. În atmosfera de aer comprimat uleiul poate produce explozii chiar la temperaturi suficient de joase.

Dacă curăţarea rezervoarelor de aer, a separatoarelor de ulei şi apă, ale răcitoarelor şi a conductelor de aer comprimat, nu se face la timp, eliminîndu-se depunerile de ulei, prin încălzire pînă la anumită temperatură se poate produce o explozie. În afară de aceasta creşterea temperaturii conductelor de aer antrenează după sine slăbirea rezistenţei la presiunea interioară, ceea ce poate servi drept cauză a exploziei.

De aceea lucrările care se efectuează cu foc deschis în instalaţiile de compresoare trebuie executate cu multă atenţie şi numai în porţiunile deconectate de la conductele de aer. În cazul îngheţării dispozitivelor de evacuare se permite încălzirea acestora numai cu apă caldă sau aburi. Utilizarea în acest scop a unei flăcări deschise nu este permisă. La examinarea întreruptoarelor, personalul trebuie să reţină faptul că cuvele întreruptoarelor cu ulei puţin sînt sub tensiune.

Măsuri de tehnica securităţii în exploatarea separatoarelor. La lucrările efectuate la separare prin comanda la distanţă trebuie luate măsuri contra închiderii lor întîmplătoare sau din greşeală.

Pentru aceasta, de la dispozitivul de acţionare se deconectează curentul operativ, după care pe cheia de comandă se atîrnă placa avertizoare „Nu închideţi — se lucrează!".

În cazul încercării comenzii la distanţă a separatoarelor după reparaţie trebuie luate măsuri ca în timpul încercărilor să nu lucreze nimeni la separatoare.

La executarea lucrărilor de reparaţii, dispozitivele de acţionare ale separatoarelor cu comandă manuală trebuie blocate mecanic în poziţie deschisă pentru prevenirea închiderii lor din greşeală.

Pe toate cheile de comandă ale separatoarelor, cu ajutorul cărora se poate aplica tensiune la locul de muncă, se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideţi — se lucrează".

În cazul separatoarelor monopolare plăcile avertizoare se atîrnă pe îngrădiri.

În cazul cînd se lucrează pe linii, pe dispozitivele de acţionare ale separatoarelor de linii se atîrnă plăcile avertizoare „Nu închideţi — se lucrează pe linie!".

În cazul cînd se lucrează la separatoare, locul de lucru trebuie izolat de părţile conductoare prin întreruperi vizibile şi de asemenea, trebuie asigurate prin distanţa suficientă de părţile conductoare care au rămas sub tensiune, în conformitate cu normele stabilite.

Legarea la pămînt trebuie instalată pe partea deschisă din toate direcţiile de unde se poate aplica tensiunea.

În cazul reparării separatorului de bare în instalațiile cu două sisteme de bare trebuie montate două scurtcircuitoare; unul pe furcă, al doilea pe sistemul de bare deconectat sau pe coborîrile de la aceste bare spre separatorul în reparație. În cazul cînd începe furtuna, se încetează lucrările la separatoarele de linii ale liniilor aeriene.

În continuare sînt date exemple de încălcări grosolane a normelor de tehnica securității în exploatarea separatoarelor de către personalul de exploatare, cît și urmările acestor abateri.

Exemplul 1. S-a cerut să se scoată în reparație separatoarele de pe sistemul de bare *II* ale liniei L_2 din stație (fig. 95).

Personalul a acționat după cum urmează:

— după verificarea sarcinii pe linia L_1 a fost declanșat întreruptorul liniei L_2;

— a deschis separatoarele de linie ale liniei L_2;

— a deconectat curentul operativ de la acționarea *ICT*;

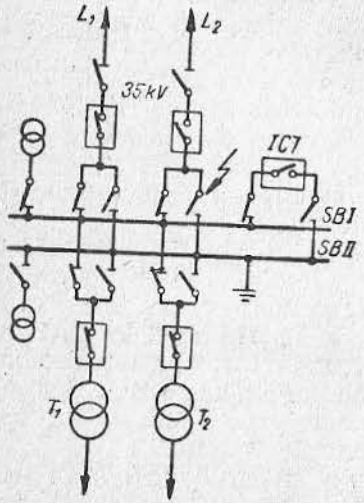


Fig. 95.

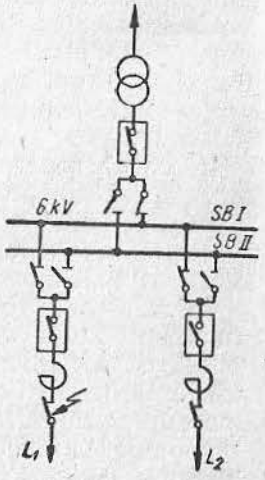


Fig. 96.

— a deschis separatoarele *ICT* de pe sistemul de bare *II*;

— a deschis separatoarele la transformatorul de tensiune dinspre sistemul de bare *II*;

— a verificat lipsa tensiunii și a montat un scurtcircuitor mobil pe barele sistemului *II* (în prealabil ar fi trebuit să deschidă separatoarele de bare ale liniei L_2 de pe sistemul de bare *I*);

— în mod greșit a închis separatoarele de bare ale liniei L_2 pe sistemul de bare *II* (în loc să le deschidă de pe sistemul *I*) și în acest mod linia L_1, în funcțiune, a fost pusă la pămînt prin furca de bare a liniei L_2 ce a dus la apariția unui scurtcircuit și a provocat deconectarea prin protecție a liniei L_1.

Stația a rămas complet fără tensiune.

Exemplul 2. La cererea unui consumator a fost necesar să se deconecteze linia L_2 (fig. 96).

Electricianul, singur de serviciu, a acționat după cum urmează:

— a verificat lipsa sarcinii cu ajutorul ampermetrului pe linia L_2 și a declanșat la distanță întreruptorul;

— a încercat, în mod greșit, să deschidă separatoarele de linie ale liniei L_2, însă blocarea electromagnetică nu a permis această deschidere;

— fără să verifice numărul liniei și după ce a hotărît că blocarea este defectă, a deblocat manual zăvorul de blocare (a rupt sigiliul) și a executat deschiderea separatoarelor de linie a liniilor L_1 sub sarcină.

Drept rezultat a fost accidentat prin arsuri puternice.

Măsuri de tehnica securității muncii în cazul apariției unei puneri la pămînt monofazate. În cazul cînd se constată o punere la pămînt monofazată apropierea de locul defectului la o distanță mai mică de 5 m în instalațiile de distribuție închise și de 10 m în stațiile deschise, este interzisă înaintea deconectării porțiunii cu defect, cu excepția cazului cînd este necesar să se lichideze punerea la pămînt sau să se acorde prim ajutor persoanei accidentate. În aceste cazuri personalul trebuie să manifeste atenția maximă și să folosească toate mijloacele de protecție necesare.

Examinarea instalației de distribuție și toate manevrele din instalațiile în funcțiune pînă la 35 kV, în cazul prezenței unei puneri la pămînt, trebuie executate purtînd cizme și mănuși izolante.

Bobinele de stingere de la neutrul transformatoarelor și al generatoarelor se conectează de regulă prin separator. Acest separator este destinat deconectării bobinei de stingere în cazul reparării transformatorului sau chiar a bobinei de stingere. Se interzice deschiderea acestui separator al bobinei de stingere în cazul apariției unei puneri la pămînt monofazate.

În cazul scoaterii în reparație a bobinei de stingere deschiderea trebuie efectuată imediat după primirea dispoziției de la personalul operativ superior căruia i se comunică executarea sarcinilor.

Au existat cazuri în exploatare cînd personalul a fost accidentat în urma executării neoperative a manevrei la deconectarea bobinei de stingere.

Acordarea primului ajutor în cazul accidentării datorită curentului electric. În cazul electrocutărilor în organismul omului se pot produce distrugeri de țesuturi, arsuri, descompunerea sîngelui, deranjarea sistemului nervos, circulator și respirator.

Acțiunea curentului asupra organismului uman depinde de starea omului, de pielea, îmbrăcămintea acestuia și de caracterul contactului, cît și al mediului ambiant.

Accidentări periculoase se pot produce cînd prin corpul omului trece un curent de 0,05 A, iar un curent de 0,1 A poate produce moartea.

Personalul de exploatare la executarea manevrelor și la examinarea instalațiilor electrice trebuie să aibă totdeauna în vedere pericolul de electrocutare.

Trebuie să se știe cu precizie modul de a se feri de pericolul posibil și cum să ne ajutăm în cazul electrocutării.

O condiție a reușitei în acordarea primului ajutor o reprezintă rapiditatea eliberării accidentatului de circuitul alimentat cu curent și rapiditatea trecerii la acordarea unui prim ajutor corect.

Prima acțiune în cazul electrocutării trebuie să fie deconectarea rapidă a acelei părți din instalație de care s-a atins accidentatul. Dacă accidentatul în acest caz ar putea să cadă de la înălțime trebuie prevenită sau ușurată căderea acestuia. Dacă nu se poate deconecta rapid instalația accidentatul trebuie îndepărtat imediat de părțile conductoare sub tensiune.

Pentru scoaterea accidentatului din părțile conductoare din instalațiile de joasă tensiune trebuie utilizat un băț uscat, o scîndură, o sfoară, sau alt izolant uscat. În aceste cazuri nu este permisă utilizarea unor obiecte metalice sau ude. Eliberarea accidentatului de la părțile conductoare se poate face, de asemenea, apucîndu-l de haină, de exemplu de poalele hainei, dacă aceasta este uscată și depărtată de corp fără a atinge în acest caz obiectele metalice înconjurătoare sau părțile corpului neacoperite de haine. Tragerea accidentatului de picioare se poate face numai cu condiția unei bune izolații a mîinilor celui ce acordă ajutor.

Pentru izolația proprie față de pămînt și față de corpul accidentatului cel ce acordă ajutor trebuie să îmbrace galoși de cauciuc sau să stea pe o scîndură uscată sau pe un covor izolant uscat, să îmbrace mănuși de cauciuc sau să-și înfășoare mîinile într-un material cauciucat sau în alt material uscat. Curentul poate fi, de asemenea, întrerupt separînd accidentatul de pămînt. În acest caz trebuie respectate normele de securitate indicate mai sus.

În cazul cînd este necesar trebuie rupte sau tăiate conductoarele (fiecare separat) cu un topor avînd coada din lemn uscat sau cu un instrument izolat corespunzător luînd măsuri pentru propria izolare a celui care dă ajutor față de pămînt.

Pentru separarea accidentatului față de părțile conductoare sub tensiunea înaltă trebuie îmbrăcate cizme, mănuși și se acționează cu tija izolantă sau cu clești pentru tensiunea corespunzătoare.

Măsuri de prim ajutor. În cazul electrocutării unui om în primul rînd trebuie stabilită starea acestuia, pentru care se procedează în modul următor:

— se eliberează accidentatul de acțiunea curentului;

— se așază imediat accidentatul pe spate;

— se verifică dacă acesta respiră (după ridicarea toracelui, după mișcarea unui fir de ață, benzi de hîrtie apropiate de gura sau de nasul accidentatului);

— se verifică prezența pulsului la arteră, radială la încheietură sau la artera humerală;

— se examinează starea pupilei (dacă este îngustă sau largă).

Pupila lărgită indică înrăutățirea puternică a alimentării cu sînge a creierului. Toate mișcările pentru determinarea stării accidentatului trebuie executate rapid, în decursul a 15—20 s.

Dacă accidentatul respiră și are puls trebuie învelit călduros și se așteaptă sosirea medicului, care va stabili măsurile ulterioare de vindecare.

Chemarea medicului trebuie făcută imediat în toate cazurile de electrocutare.

Nu trebuie permis accidentatului să se miște sau să continue lucrul, deoarece lipsa unor simptome grave după electrocutare nu exclude posibilitatea înrăutățirii ulterioare a stării sale.

În cazul cînd accidentatul nu respiră și lipsește pulsul se procedează imediat la respirația artificială.

Reguli ce trebuie respectate de către personalul operativ la executarea manevrelor:

— Nu te baza pe memoria proprie. Execută operațiile numai după verificarea atentă pe loc.

— Nu purta discuții laterale în timpul executării operațiilor.

— Nu te grăbi! Graba duce la avarii și la victime omenești.

— Nu te baza pe persoana de control. Convinge-te personal de corectitudinea operației executate.

— Verifică obligatoriu lipsa tensiunii înaintea legării la pămînt; aceasta asigură securitatea ta.

— Scurtcircuitoarele mobile se montează imediat după verificarea lipsei tensiunii.

— Înaintea conectării echipamentului, verifică dacă nu s-au uitat scurtcircuitoare, scule, cîrpe etc.

— Nu uita că necunoașterea precisă a schemei și dispoziției provoacă avarii și victime omenești.

— În cazul refuzului blocării să nu tragi concluzia asupra defectării acesteia. Aceasta poate duce la greșeli.

— După dispariția tensiunii aceasta poate fi aplicată fără prevenire.

— În caz de furtună încetează lucrările în instalațiile de distribuție deschise.

— Conectarea echipamentului se face după închiderea tuturor dispozițiilor de lucru.

— Pe timp umed să nu folosești tija în instalațiile de distribuție deschise.

— Partea conductoare nelegată la pămînt se consideră sub tensiune.

— Deschide încet separatoarele și închide-le repede.

— Cilindrii întreruptoarelor se află sub tensiune.

— În timp de furtună mergi pe marginea traseului liniei aeriene.

— Nu închide dispoziția de lucru înaintea verificării echipamentului, a stării locului de muncă și a lipsei obiectelor străine.

— Nu înlocui lămpile sub tensiune.

— Folosește numai siguranțe marcate.

— Folosește lampa de control în instalațiile cu tensiunea pînă la 220 kV.

— Nu utiliza încălzitoare electrice improvizate.

— Nu extinde volumul și locul de lucru peste cel indicat în dispoziția de lucru.

— Fiecare kilowattoră de energie electrică pierdut la avarie duce la pierderi de cărbune, pîine, țesături, încălțăminte, zahăr etc. pentru țară.

Cuprins

Prefata 3

1. Reguli de bază privind convorbirile operative şi executarea manevrelor operative în instalaţiile electrice 5
2. Executarea manevrelor în instalaţiile cu tensiunea peste 1 000 V în condiţii normale de exploatare 21
3. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea generatoarelor 54
4. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea motoarelor . 75
5. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea transformatoarelor 95
6. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea îmbinărilor prin contacte 111
7. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea întreruptoarelor 123
8. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea separatoarelor 133
9. Prevenirea defectelor şi avariilor în exploatarea instalaţiilor de distribuţie capsulate (IDC) 142
10. Prevenirea avariilor în cazul punerii la pămînt monofazate . 148
11. Prevenirea defectelor şi accidentelor în exploatarea instalaţiilor de legare la pămînt 165
12. Lichidarea avariilor în partea electrică a centralelor şi staţiilor 179
13. Măsuri de tehnica securităţii necesare în exploatarea echipamentului electric din centrale şi staţii 193

Redactor: Ing. LAURA ROMERT
Tehnoredactor: THEODOR IVAN
Coperta: MIRCEA VIŞAN

Dat la cules: 31.05.1968. Bun de tipar: 21.09.1968. Apărut: 1968. Tiraj: 4000+90. Hîrtie: pentru tipar înalt tip B de 63 g/m². 540×840/16. Coli editoriale: 11,42. Coli de tipar: 14. A. 10543/1968. C.Z. pentru bibliotecile mari: 621.31.019.3. C.Z. pentru bibliotecile mici: 621.

Tiparul executat sub comanda nr. 188 la Întreprinderea poligrafică „Crişana" Oradea, str. Moscovei nr. 5.